

**Instituto politécnico de Beja
Escola Superior Agrária
Mestrado em Agronomia**

**Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada na
produção e qualidade do trigo mole**

Dissertação para obtenção do grau de mestre em Agronomia

**Trabalho realizado por: Tiago Ramos
Orientador: Doutor Manuel Patanita**

Beja, 2019

Agradecimentos

A realização desta dissertação para obtenção do grau de mestre em Agronomia foi possível graças a todas as pessoas que me ajudaram ao longo do meu percurso académico das quais destaco:

O Professor Doutor Manuel Patanita por ter aceite ser o meu orientador neste trabalho, pela disponibilidade e por tudo o que me ensinou.

O investigador do Centro de Experimentação Agrícola de Beja, Eng^o José Dôres, pelos conhecimentos técnicos, sugestões e pelo encorajamento que me deu.

A Professora Doutora Alexandra Tomaz, pela sempre disponibilidade e ajuda, não só neste trabalho mas também ao longo de todo o meu percurso académico superior.

As técnicas do laboratório de Análise de Sementes e Matérias Primas Vegetais da ESAB, Eng^a Natividade Costa, Eng^a Elisabete Rosa pela colaboração na elaboração das análises tecnológicas.

A minha família pelo apoio.

Todo o pessoal do centro de experimentação agrícola da Escola Superior Agrária de Beja pela amizade.

Este estudo foi suportado pelo projeto INTERATrigo – Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto, POCI-01-0145-FEDER-023262 e LISBOA-01-0145-FEDER-023262 (SAICT-POL/23262/2016), financiado pelo FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020), do Programa Operacional Regional de Lisboa e da FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC). O estudo é uma contribuição para o projeto UID/GEO/04035/2013, financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia.



Resumo

Com o preço do trigo a manter-se estável e os fatores de produção com custos cada vez mais elevados é importante para o agricultor rentabilizar ao máximo a área cultivada retirando o máximo proveito desses mesmos fatores de produção, procurando aplicar apenas o necessário para a cultura exprimir todo o seu potencial genético, evitando assim custos desnecessários e assegurando a sustentabilidade do meio ambiente.

No âmbito do projeto INTERATRIGO estudou-se o efeito de três regimes hídricos (R0-Sequeiro; R1-Rega a 100% de ETc ao longo do ciclo da cultura; R2-Rega a 100% de ETc nos estádios críticos (início do encanamento, emborrachamento, início da floração e enchimento do grão), e oito tratamentos de fertilização azotada com diferentes tipos de fertilizantes (clássicos, com inibidores de nitrificação, de libertação controlada e com inibidores da urease) num desenho experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas («split-plot»).

Os resultados obtidos revelaram que o regime hídrico não influenciou significativamente a produção de grão, uma vez que a precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura, mais precisamente durante as fases críticas, foi superior à habitual e com distribuição regular. R1 foi o regime hídrico que apresentou maior produção de grão com 7286 kg/ha, seguido de R0 com 7083 kg/ha e de R2 com 6932 kg/ha. Estes resultados apontam para a influência determinante da variabilidade climática típica do clima Mediterrânico do Sul de Portugal no rendimento agronómico do trigo mole.

O efeito da fertilização azotada foi significativo, tendo-se obtido as maiores produções de grão nos tratamentos com fertilizantes clássicos aplicados de forma fraccionada, A1 (7378 kg/ha) e A2 (7337 kg/ha), embora semelhantes às registadas nos tratamentos com fertilizantes específicos (eficiência aumentada - EFF) onde se aplicou 50% do azoto na fase de emborrachamento (A4, A6 e A8). Estes foram também os tratamentos nos quais se obteve melhor qualidade do grão, traduzida nos valores mais elevados de proteína (13,5%), glúten húmido (28%), glúten seco (10%) e força da massa (300×10^{-4} Joules).

Palavras chave: Trigo mole; Regime hídrico; Fertilização azotada; Produção de grão; Qualidade do grão.

Abstract

With the price of wheat to remain stable and factors of production with increasing costs, it is important for the farmer to maximize crop yields by taking maximum advantage of these same factors of production, seeking to apply only what is necessary for the crop express their full genetic potential, thus avoiding unnecessary costs and environmental sustainability.

In the scope of the INTERATRIGO project the effect of three water regimes (R0-Sequeiro, R1-Rega at 100% ET_c throughout the crop cycle, R2-Rega at 100% ET_c at critical stages (beginning of plumping, bottling, early flowering and grain filling), and eight treatments of nitrogen fertilization with different types of fertilizers (classical, nitrification inhibitors, controlled release and urease inhibitors) in an experimental design of randomized blocks with subdivided plots ('split-plot').

The results showed that the water regime did not significantly influence the grain yield, since the precipitation occurred during the crop cycle, more precisely during the critical phases, was higher than usual and with regular distribution. R1 was the water regime that presented the highest grain yield with 7286 kg / ha, followed by R0 with 7083 kg / ha and R2 with 6932 kg / ha. These results point to the determinant influence of the climatic variability typical of the Mediterranean climate of southern Portugal on the agronomic yield of common wheat.

The effect of nitrogen fertilization was significant, with the highest grain yields in conventional fertilizer treatments, A1 (7378 kg / ha) and A2 (7337 kg / ha), although similar to those registered in the treatments with fertilizers (EFF) where 50% of nitrogen was applied during the drilling phase (A4, A6 and A8). These were also the treatments in which the best grain quality was obtained, translated into the highest values of protein (13.5%), wet gluten (28%), dry gluten (10%) and mass strength (300×10^{-4} Joules).

Key words: Soft wheat; Water regime; Fertilization nitrogen; Grain production; Grain quality.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice de figuras	viii
Índice de quadros	ix
Capítulo 1- Introdução e objetivos	2
Capítulo 2 - Revisão bibliográfica	5
2.1. Situação atual dos cereais e em particular do trigo no mundo e em Portugal	5
2.1.1. No Mundo	5
2.1.2. Em Portugal	6
2.2. A cultura do trigo	8
2.2.1. Morfologia	8
2.2.2. Fenologia e formação da produção	9
2.2.2.1. Estados fenológicos	9
2.2.2.2. Formação da produção	10
2.2.2.3. Período vegetativo	11
2.2.2.4. Período reprodutivo	12
2.2.2.5. Período de maturação	13
2.2.3. Principais constrangimentos climáticos no nosso clima	13
2.2.4. Fertilização	15
2.2.4.1. Azoto no solo	16
2.2.4.2. Azoto na planta	17
2.2.4.3. Uso eficiente do azoto e fertilizantes de eficiência aumentada (EEF)	17
2.2.5. Gestão da rega	18
2.2.6. Qualidade do trigo mole	22
2.2.6.1. Definição de qualidade do trigo mole	22
2.2.6.2. Massa hectolitro	23
2.2.6.3. Proteína	23
2.2.6.4. Humidade	24
2.2.6.5. Índice de queda	24
2.2.6.6. Glutén	25
2.2.6.7. Alveograma de Chopin	25
	vi

Capítulo 3 - Material e métodos	27
3.1. Localização dos ensaios	27
3.2. Caracterização edafo-climática da região	27
3.3. Delineamento experimental	29
3.4. Material Vegetal	31
3.5. Itinerário técnico	32
3.5.1. R0 – Regime de sequeiro	32
3.5.2. R1 – Rega 100% ETc ao longo do ciclo da cultura	33
3.5.3. R2 – Rega 100% ETc nas fases críticas	34
3.6. Monitorização da rega	35
3.7. Variáveis estudadas	36
3.7.1. Produção de grão e componentes da produção	36
3.7.2. Qualidade tecnológica	37
A avaliação da qualidade tecnológica realizou-se através de análises laboratoriais efectuadas no grão e na farinha.	37
3.8. Balanço hídrico do solo	39
3.9. Análise estatística	39
Capítulo 4 - Apresentação e discussão dos resultados	40
4.1. Balanço hídrico no solo	40
4.2. Produção e componentes de produção	44
4.3. Qualidade tecnológica	48
4.3.1. Massa do hectolitro e teor de proteína do grão	48
4.3.2. Índice de queda, glúten húmido e glúten seco	51
4.3.3. Alveograma de Chopin	54
4.4. Considerações finais	59
Capítulo 5 - Bibliografia	61
5.1. Bibliografia eletrónica	65
Capítulo 6 - Anexos	66

Índice de figuras

Figura 1 - Superfície, produção e produtividade dos cereais em Portugal. Adaptado de Barreiros (2018).....	7
Figura 2 - Grau de auto-aprovisionamento cereais na União Europeia 2013. Adaptado de Barreiros (2018).....	7
Figura 3 - Estados de Zadoks. Adaptado de FAO et al., (2018).....	9
Figura 4 - Produção de grão e principais componentes da produção. Adaptado de Patanita et al., (2016).....	10
Figura 5 - Relação entre a formação das componentes da produção e a fenologia. Adaptado de Pinheiro (2018).....	11
Figura 6 - Irregularidade climática interanual - precipitação média de Primavera nos trinténios 1953/1980 e 1981/2010. Adaptado de Coutinho <i>et al.</i> , (2014).	14
Figura 7 - Irregularidade climática inter anual - Precipitação média de Inverno nos trinténios 1953/1980 e 1981/2010. Adaptado de Coutinho <i>et al.</i> , (2014).	14
Figura 8 - Fases críticas ao défice hídrico na cultura do trigo. Adaptado de Boteta (2014).	19
Figura 9 - Curva de Kc do trigo. Adaptado de Shahidian, Sd.	20
Figura 10 - Sistemas de monitorização de água no solo: a)sonda instalada na parcela; b)sistema de aquisição e transmissão de dados; c)sensores capacitativos instalados a cada 10 cm. Adaptado de Boteta (2014).	21
Figura 11 - Diversidade de produtos alimentares obtidos a partir do trigo. Adaptado de Bagulho (2008).	22
Figura 12 - Representação esquemática dos parâmetros do Alveograma de Chopin. Adaptado de Souza (2013).	26
Figura 13 - Contador de grãos «Numigral».....	36
Figura 14 - Sitómetro e respetivo recipiente para pesagem.	37
Figura 15 - NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo «InfratecTM 1241».....	37
Figura 16 - «Glucomatic», centrífuga e «Glutork».	38
Figura 17 - Moinho «Laboratory Mill 3100», Agitador «Shakematic 1090» e Banho «Falling Number 1400».....	38
Figura 18 - Alveógrafo «Chopin MA 82», calculadora «Chopin RCV4» e impressora «Epson LX-800».	39
Figura 19 - Produção (kg/ha) por regime hídrico × fertilização azotada.....	46
Figura 20 – Peso de 1000 grãos (g) por regime hídrico × fertilização azotada.....	47
Figura 21 - Efeito do regime hídrico × fertilização no nº de grãos/m ²	48
Figura 22 - Massa do hectolitro (kg/hl) por regime hídrico × fertilização azotada.....	50
Figura 23 - Proteína (% MS) por regime hídrico × fertilização azotada.	51
Figura 24 - Índice de queda (seg) por regime hídrico × fertilização azotada.....	53
Figura 25 - Glúten húmido (% MS) por regime hídrico × fertilização azotada.	54
Figura 26 - Glúten seco (% MS) por regime hídrico × fertilização azotada.	54
Figura 27 - P/L (%) por regime hídrico × fertilização azotada.	57
Figura 28 - W (10 ⁻⁴ joules) por regime hídrico × fertilização azotada.	58

Índice de quadros

Quadro 1 - Quantidade de macronutrientes (em kg) extraídos pelo grão e pela palha, para uma produção de 1000 kg de trigo. Adaptado de Santos (1991).....	16
Quadro 2 - Valores de temperatura média máxima, temperatura média mínima e precipitação do ano agrícola 2017/2018 e no período 1971 a 2000.	28
Quadro 3 - Tratamentos da fertilização azotada, fraccionamento, época de aplicação e fertilizantes de fundo e cobertura.	30
Quadro 4 - Itinerário técnico seguido em R0 - Regime de sequeiro.	32
Quadro 5 - Itinerário técnico seguido em R1 - Rega 100% Etc ao longo do ciclo.....	33
Quadro 6 - Itinerário técnico seguido em R2 - Rega 100% Etc nas fases críticas	34
Quadro 7 - Necessidades de rega «CROPWAT 8.0»	41
Quadro 8 - ANOVA da produção de grão (kg/ha) corrigida para 12% de humidade, peso de 1000 grãos (g) e nº de grãos/m ²	44
Quadro 9 - Médias da produção de grão (kg/ha) corrigida para 12% de humidade, do peso de 1000 grãos (g) e do nº de grãos/m ² , por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey (p≤0,05).....	45
Quadro 10 - ANOVA da massa do hectolitro (kg/hl) e proteína (% MS).	48
Quadro 11 - Médias da massa do hectolitro (kg/hl) e da proteína (% MS), por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey (p≤0,05).	49
Quadro 12 - ANOVA do índice de queda (seg), do glúten húmido (% MS) e do glúten seco (% MS).	51
Quadro 13 - Médias do índice de queda (seg), do glúten húmido (% MS) e do glúten seco (% MS), por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey (p≤0,05).....	52
Quadro 14– ANOVA do equilíbrio da massa - P/L e da força da massa -W (10 ⁻⁴ Joules).	55
Quadro 15 - Médias de P/L (%) e de W (10 ⁻⁴ Joules), por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey (p≤0,05).....	56

Capítulo 1- Introdução e objetivos

Outrora, a cultura do trigo foi a cultura com maior importância na região do Alentejo, mas nas últimas décadas tem-se assistido a olhos vistos a um declínio do seu cultivo e à substituição do cereal por culturas permanentes em antigas terras que não dispunham de regadio, mas que, atualmente são beneficiadas pela água proveniente do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA). Esta substituição tem conduzido a um desequilíbrio da balança comercial com o grau de auto-provisionamento do trigo mole a localizar-se atualmente em torno dos 5,7% (GPP, 2016).

Com a área cada vez mais reduzida para o cultivo de trigo e os custos de produção cada vez mais elevados, resta ao agricultor procurar obter maior produtividade e um produto de elevada qualidade tecnológica. Para isso é necessário definir um itinerário técnico para a cultura e utilizar estratégias que potenciem o seu rendimento. De entre essas estratégias, a rega e a fertilização azotada assumem particular destaque devido à sua importância na produção e na qualidade do grão.

Nas regiões de clima mediterrânico a ocorrência de precipitação é muito irregular e mal distribuída, significa que podemos ter precipitação intensa numa fase não desejada que dificulte, por exemplo, a preparação de solo e a sementeira, e ter escassez de água numa fase crítica do ciclo da cultura. Nessas fases críticas alguma água que possa ser aplicada poderá fazer com que a produção seja o dobro ou o triplo, em regadio. Nos anos em que a ocorrência de precipitação é regular e bem distribuída ao longo do ciclo da cultura, as necessidades de rega são mínimas para se alcançar elevada produção com qualidade tecnológica. Deve-se portanto olhar para a rega como um complemento, que quando utilizado da forma correta (assegurando as necessidades da cultura, mas sem excessos de água que podem provocar perdas de azoto por lixiviação e custos de produção desnecessários) e no momento oportuno pode dar ao agricultor a garantia de elevados rendimentos.

A fertilização azotada adequada promove uma expansão da área foliar, um aumento da taxa de cobertura vegetal e, consequentemente, um aumento da transpiração e uma redução da evaporação, aumentando assim, a eficiência evapotranspirativa das plantas. Para avaliar estas interações água-azoto, importa conhecer as doses e o fracionamento e a época de aplicação mais aconselhados dos fertilizantes azotados.

O excesso de azoto pode levar a perdas por lixiviação que leva a custos desnecessários e contaminação de águas subterrâneas. Este risco de lixiviação é reduzido quando se efetua uma fertilização racional (sem excessos e cumprindo as necessidades de azoto da cultura) e um fracionamento correto. O fracionamento correto consiste em aplicar o azoto necessário em cada fase do ciclo vegetativo, garantindo

assim que o azoto é retirado do solo por absorção vegetal, contribuindo assim para a sustentabilidade do sistema.

Uma larga gama de fertilizantes são comercialmente publicitados como sendo melhoradores da eficiência do uso do azoto por fazerem coincidir a libertação dos nutrientes com as épocas de maiores necessidades das culturas.

É neste enquadramento que surge o projecto «INTERATRIGO – Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto», co-financiado pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, pelo Programa Operacional Regional de Lisboa e pela fundação para a Ciência e a Tecnologia na sua componente OE.

Os campos de ensaio foram instalados nos terrenos da Quinta da Saúde e seguiram um desenho experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas («split-plot») com quatro repetições, sendo as parcelas principais ocupadas com os regimes hídricos e as subparcelas com os tratamentos de fertilização azotada.

Os principais objetivos deste trabalho são:

- avaliar os efeitos combinados dos regimes hídricos com os tratamentos de fertilização azotada nas respostas produtivas e de qualidade tecnológica de uma variedade de trigo melhorador ('Antequera');
- identificar as combinações regime hídrico × fertilização azotada que proporcionam os melhores resultados de produção e qualidade do grão.

O texto desta dissertação segue a seguinte estrutura:

-1.Introdução e objetivos: onde se faz uma breve introdução ao tema que se vai desenvolver bem como os objetivos do trabalho.

-2.Revisão bibliográfica: onde se apresenta alguma informação importante sobre a cultura do trigo, tal como: a sua importância económica a nível mundial e nacional, morfologia, fenologia, principais constrangimentos climáticos no clima mediterrânico do Sul de Portugal, fertilização, rega, e análises tecnológicas.

-3.Material e Métodos, onde se definem todas as variáveis em estudo e métodos de obtenção e de análise de dados: localização dos ensaios, caracterização edafo-climática da região, delineamento experimental, material vegetal utilizado ('Antequera'), itinerário técnico, monitorização da rega, componentes da produção e análises tecnológicas de qualidade, balanço hídrico no solo e tratamento estatístico.

-4.Apresentação e Discussão de Resultados, na qual se faz um balanço hídrico da água no solo, uma exposição dos resultados das análises de dados realizadas (tratados estatisticamente), e se comenta e compara os valores dos dados obtidos nos diferentes regimes hídricos e tratamentos de fertilização. Realiza-se ainda as considerações finais do trabalho, onde se faz uma breve súmula e apreciação dos resultados obtidos.

-5.Referências bibliográficas

-6.Anexos

Capítulo 2 - Revisão bibliográfica

2.1. Situação atual dos cereais e em particular do trigo no mundo e em Portugal

2.1.1. No Mundo

O trigo é um dos cereais mais produzidos no mundo. Graças ao seu aprimoramento genético, possui atualmente uma ampla adaptação edafoclimática, sendo cultivado desde regiões com clima desértico, em alguns países do Oriente Médio, até em regiões com alta precipitação pluvial, como é o caso da China e Índia (FAO, 2018).

Mundialmente, o trigo é a segunda maior produção cerealífera, logo a seguir ao milho, rivalizando essa posição com o arroz FAO *cit.in* Oliveira (2018). No entanto, em termos de área cultivada e de consumo humano per capita, o trigo destaca-se com valores superiores ao milho e ao arroz., FAO *cit.in* Oliveira (2018).

Segundo dados da FAOSTAT (2018), a taxa de crescimento mundial de cereais caiu 1% ao ano na década de 1990, 1,9% na década de 1980 e 2,5% na década de 1970. O consumo anual mundial de cereais per capita (incluindo alimentos para animais) atingiu o pico em meados da década de 1980, em 334 kg e, desde então, caiu para 317 kg (média para o período 1997-99).

A diminuição do crescimento do consumo mundial não se deveu a limitações de produção, mas a uma série de fatores que limitaram esse crescimento. De entre esses fatores FAO (2018), destaca:

- A diminuição do crescimento da população mundial.
- Muitos dos países populosos como por exemplo a China, estão a atingir níveis de consumo entre o médio e o alto o que significa que os aumentos futuros serão muito menores do que no passado.
- A pobreza persistente impede centenas de milhões de pessoas de satisfazer as suas necessidades alimentares.
- Uma diminuição no crescimento dos países em desenvolvimento. Esse foi o fator mais pronunciado na década de 1990, quando tanto o consumo como as importações nos países em desenvolvimento caíram dos níveis muito altos que atingiram anteriormente.
- O consumo cresceu mais lentamente nos países exportadores de petróleo, depois de dissipar o efeito da explosão inicial dos preços do petróleo sobre as rendas e importações de cereais.

Em 2016/17, a produção mundial de cereais atingiu um novo record de 2133 Mton. Desde 2013, a oferta mundial de cereais tem vindo a ultrapassar a procura, resultando numa contínua acumulação de existências e numa consequente pressão sobre os preços. Até 2026, prevê-se que a produção de cereais aumente 11%, essencialmente por ganhos de produtividade e prevê-se ainda que o consumo global de cereais cresça cerca de 13%.

2.1.2. Em Portugal

A cultura do trigo sofreu ao longo da história inúmeras flutuações. Ora se procurava aumentar a produção nacional, para reduzir as importações, ora se cedia à tentação de comprar no estrangeiro trigo mais barato que o nosso (Sampaio, 1990). Nos últimos anos tem-se assistido a uma queda acentuada da área cultivada de trigo a nível nacional mas essa queda nota-se mais na região do Alentejo fruto sobretudo de outrora ser a cultura com maior importância nesta região.

No continente, entre 1989 e 2016, verifica-se uma diminuição de 56,2% da terra arável para o cultivo de cereais, sendo que no Alentejo esta diminuição corresponde a mais de 767 mil ha. A grande parte da terra arável foi substituída por pastagem permanente. A superfície cultivada com cereais ocupava, no final dos anos 80, cerca de 900 mil ha, aproximadamente 10% do território nacional, em 2016, é cerca de 257 mil ha (Barreiros, 2018). A Figura 1, mostra precisamente o declínio da superfície cultivada de cereais, em Portugal. Fruto desse mesmo declínio, surge o declínio da produção (ton), ainda que o declínio da produção não seja tão acentuado como o declínio da superfície já que a produtividade (kg/ha) tem vindo a aumentar consideravelmente desde 1986, derivado sobretudo à melhoria das técnicas de cultivo, ao abandono do cultivo deste cereal em terras de menor fertilidade, ao potencial genético superior das novas variedades e à disponibilidade de produzir cereais de regadio em terras que outrora foram de sequeiro.

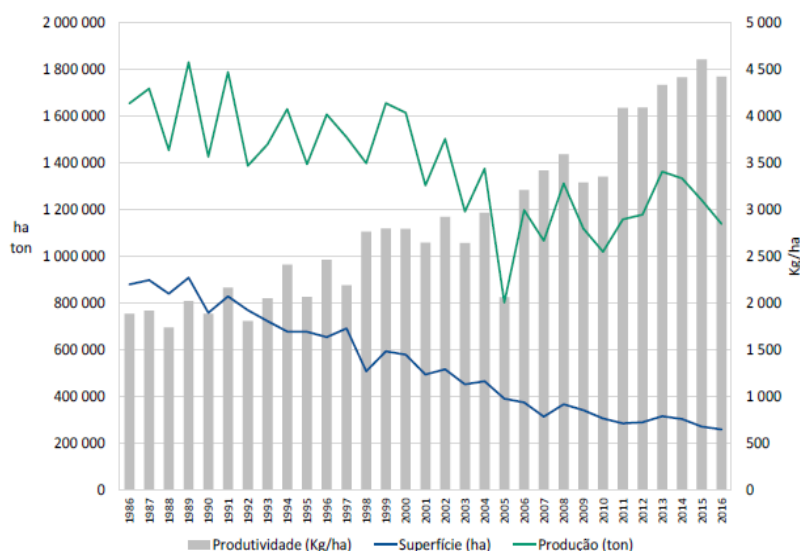


Figura 1 - Superfície, produção e produtividade dos cereais em Portugal.
Adaptado de Barreiros (2018).

Através da observação da seguinte Figura 2 verifica-se que Portugal tem uma das taxas mais baixas de auto-aprovisionamento de cereais da União Europeia com cerca de 25%, apenas Holanda, Chipre e Malta tem taxas inferiores.

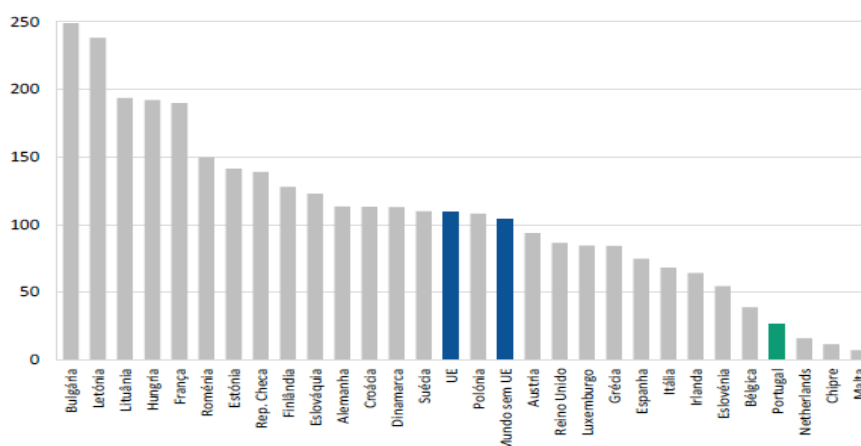


Figura 2 - Grau de auto-aprovisionamento cereais na União Europeia 2013.
Adaptado de Barreiros (2018).

No caso do trigo (mole e duro), a situação é ainda mais grave uma vez que as importações se situam nos 95% significa que a taxa de auto-aprovisionamento de trigo em Portugal é de apenas 5%, (Palha, 2018). Dados do FAOSTAT *cit in* Tomaz *et al.*, (2018), mostram que Portugal contribui apenas 0,05% da produção (em 0,13% de área) de trigo da união europeia. Trata-se, portanto, de um país importador de trigo e esta situação é difícil de ultrapassar dadas as condições climáticas da maior parte do território e as flutuações de mercado que impedem a obtenção de produções elevadas e/ou lucros mais atrativos, Cassman *et al cit.in* Tomaz *et al* (2018).

2.2. A cultura do trigo

2.2.1. Morfologia

A planta do trigo é constituído por raiz, caule ou colmo, folhas espigas e grão.

A raiz do trigo, à semelhança de outras plantas, tem dupla função de suporte e absorção de água e nutrientes. É uma raiz fasciculada com as raízes do centro mais compridas que as raízes laterais (Sampaio, 1990).

O caule da planta do trigo é um colmo, que suporta as folhas e as espigas. O colmo é erecto, cilíndrico, sendo dividido por nós separados por entrenós de comprimento variável, revestidos pelas bainhas das folhas. Além do caule principal, formam-se também caules secundários (afilhamento) em número variável, os quais mais tarde se tornam independentes com uma estrutura semelhante à do caule principal (Sampaio, 1990).

As folhas desempenham funções importantes, fundamentalmente de fotossíntese, respiração e transpiração. A seiva bruta levada pelas nervuras é transformada nas folhas em seiva elaborada e em seguida distribuída por toda a planta (Patanita *et al.*, 2016).

A espiga forma-se no gomo terminal do nó de afilhamento. Quando termina o desenvolvimento do caule (fim do encanamento) a espiga aparece envolvida pela bainha da última folha (fase de espigamento) (Garcia *et al.*, 1992).

O grão de trigo é uma cariopse, a que o agricultor chama vulgarmente semente. Contém realmente uma única semente envolvida pelo pericarpo (casca) do fruto que está intimamente ligado ao tegumento da semente como é próprio das cariopses. A semente é ainda constituída pelo embrião ou plântula e pelo albúmen (miolo) (Sampaio, 1990).

A constituição do grão, segundo Sampaio (1990) é a seguinte:

-Embrião: 2,8 a 3,5%.

-Pericarpo, tegumento, camada nuclear e aleurona: 7,8 a 8,6%.

-Albúmen: 87 a 89%

O peso de 1000 grãos varia entre as 25 a 50 gramas e o peso hectolitro oscila entre 62 e 85 quilos. (Sampaio, 1990).

2.2.2. Fenologia e formação da produção

2.2.2.1. Estados fenológicos

A fenologia é a sequência de acontecimentos controlados por fatores genéticos e ambientais que determinam mudanças morfológicas e funcionais na planta e que conduzem à acumulação de biomassa (Patanita *et al.*, 2016).

Desde que é semeado até à colheita o trigo tem um desenvolvimento complexo, passando por uma série de fases que (vão desde a germinação até à maturação), onde os órgãos se desenvolvem. Estas fases chamam-se estados fenológicos e podem ser identificadas através da escala de Zadoks (abreviada). Esta escala tem 10 fases numeradas de 0 a 9 que descrevem o ciclo da cultura (FAO *et al.*, 2018).

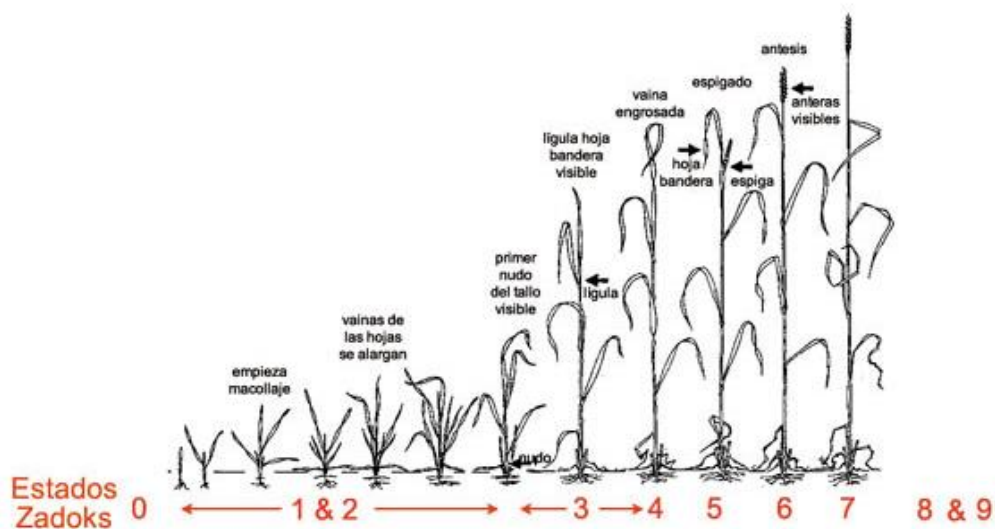


Figura 3 - Estados de Zadoks. Adaptado de FAO *et al.*, (2018).

- Fase 0: Germinação
- Fase 1: Crescimento de plântulas
- Fase 2: Afilhamento
- Fase 3: Encanamento (alongamento dos caules)
- Fase 4: Emborrachamento
- Fase 5: Espigamento
- Fase 6: Ântese
- Fase 7: Estado Leitoso do grão

-Fase 8: Estado pastoso do grão

-Fase 9: Maturação

2.2.2.2. Formação da produção

A produção de grão é resultado da multiplicação de várias componentes (Figuras 4 e 5) que se vão formando em etapas sequenciais do desenvolvimento da cultura (Patanita *et al*, 2016). No ciclo cultural do trigo podemos identificar três períodos de desenvolvimento aos quais se associa a formação das componentes da produção.

No período vegetativo, que decorre desde a germinação até ao final do afilhamento, forma-se a primeira componente da produção, que é o número de espigas/m² e, consequentemente, também o número de grãos/m² (Figura 5).

Por sua vez, no período reprodutivo, que se inicia no encanamento e termina na ântese, determina-se o número de grãos/espiga, que em conjunto com o número de espigas/m² vai dar origem ao número de grãos/m² (Figura 5).

Finalmente, no período de maturação, que corresponde ao enchimento do grão, e que decorre desde a ântese até à maturação fisiológica, define-se a última componente da produção que é o peso do grão (Figura 5).

Estas componentes têm relações compensatórias entre si, que podem ser comprovadas pelos elevados e negativos coeficientes de correlação, referidos em diversos estudos, tais como os indicados por Maças (1996), Patanita (1997, 2007 e 2016) e Calado *et al.*, (2008).



Figura 4 - Produção de grão e principais componentes da produção. Adaptado de Patanita et al., (2016).

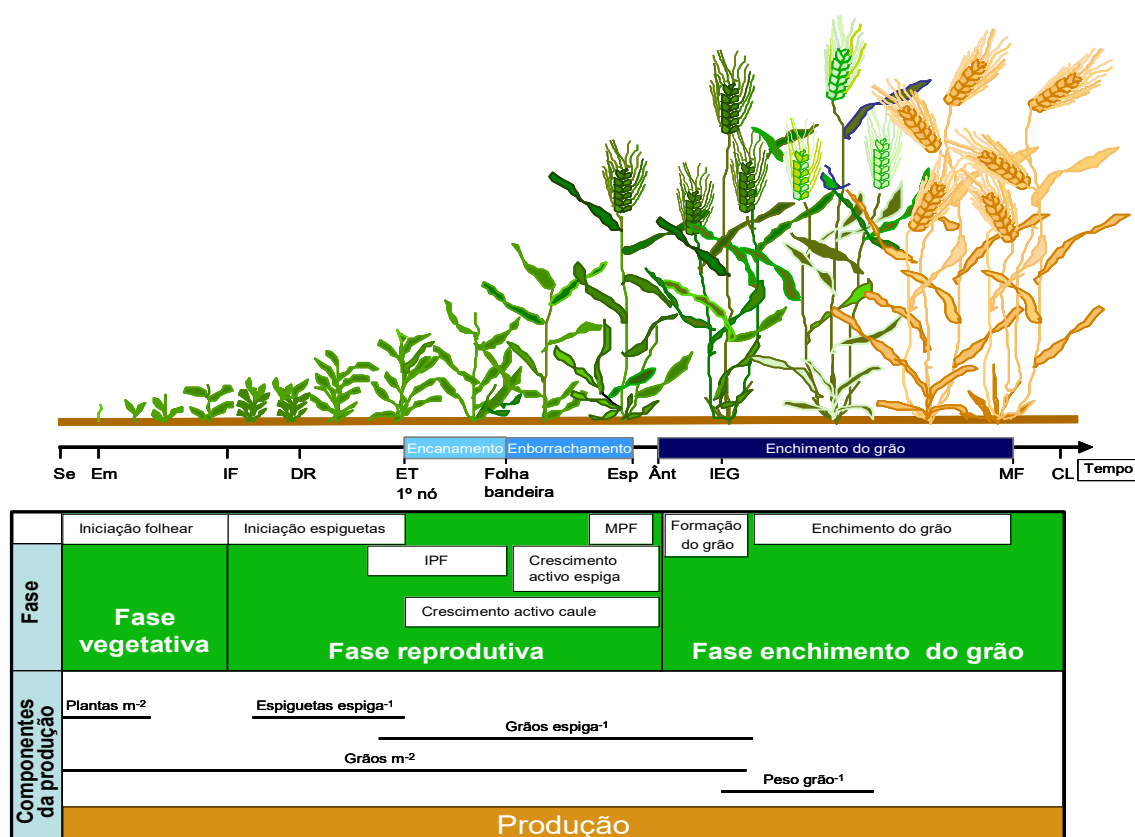


Figura 5 - Relação entre a formação das componentes da produção e a fenologia. Adaptado de Pinheiro (2018).

2.2.2.3. Período vegetativo

O teor mínimo de água requerido no grão para a germinação do trigo é de 35 a 45% do peso do grão. A germinação pode ocorrer entre 4 ° e 37 ° C, sendo a temperatura ideal de 12 ° a 25°C. O tamanho da semente não altera a germinação, mas afeta o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento. Sementes maiores apresentam várias vantagens quando comparadas com sementes menores, como crescimento mais rápido de plântulas, maior número de filhos férteis por planta e maior rendimento de grãos. Durante a germinação, as raízes seminais crescem primeiro, seguidas pelo coleóptilo, que protege o surgimento da primeira folha. O comprimento do coleóptilo é tanto maior conforme a profundidade de semeteira, aumentando ligeiramente quando as sementes são semeadas mais profundamente (Acevedo *et al.*, 2002).

O coleóptilo vai secando e o grão murchando. O eixo primário da planta cresce vagarosamente, o nó de afilamento engrossa e a partir das gemas vão evoluindo os caules secundários e a partir destes outros, de forma que uma só semente dá origem a vários caules – afilamento (Patanita *et al.*, 2016).

O nº de filhos produtivos depende do genótipo e do ambiente e é fortemente influenciado pela densidade de sementeira. Pode definir-se como 1,5 o nº normal de filhos por planta. O afilhamento tem grande importância agronómica nos cereais, uma vez que pode compensar algumas perdas no nº de plantas após o estabelecimento da cultura, permitindo recuperar algumas perdas causadas por exemplo pelas geadas tardias (Acevedo *et al.*, 2002).

O 1º filho surge geralmente com a 4ª folha e o 2º filho surge geralmente com a 5ª folha, e assim sucessivamente. As raízes secundárias rompem na base do nó de afilhamento, desenvolvendo-se rapidamente e cessando o crescimento das primárias. Cada filho formado dá origem a um sistema independente (Patanita *et al.*, 2016)

As raízes secundárias rompem na base do nó de afilhamento, desenvolvendo-se rapidamente e cessando o crescimento das primárias. Cada filho formado dá origem a um sistema independente. No final do período já se nota o esboço do futuro caule e espiga principal (Patanita *et al.*, 2016)

2.2.2.4. Período reprodutivo

O encanamento significa o alongamento do caule, crescimento de baixo para cima, sendo o entre-nó inferior o primeiro a crescer. A certa altura do crescimento do caule nota-se o engrossamento da bainha da última folha, devido ao crescimento da espiga no interior da bainha da folha superior. Trata-se do emborrachamento que se pode concretizar melhor dizendo, que é a fase do ciclo vegetativo do trigo em que a espiga começa a aparecer por entre a lígula da folha superior (Sampaio, 1990).

As raízes vão alongando e explorando novas zonas de solo de modo a intensificar a absorção (Patanita *et al.*, 2016).

Desde a saída da espiga até o crescimento máximo, a velocidade de crescimento da planta atinge o valor máximo e corresponde à elaboração de grande quantidade de matéria seca (Sampaio, 1990).

O eixo principal do trigo tem apenas um nódulo espiguetas. Cada espiguetas tem entre 3 e 6 flores potencialmente férteis, que são autopolinizadas em 96% dos casos. A ântese começa na região central e continua em direcção às partes basais e apicais durante um período de 3 a 5 dias (Acevedo *et al.*, 2002).

2.2.2.5. Período de maturação

Após a floração/fecundação a divisão celular é rápida, formando-se durante este período as células do endosperma e amiloplastos. Este período é conhecido como a fase de atraso e dura cerca de 20 a 30% do período de enchimento do grão. Depois desse período há uma fase de crescimento celular, diferenciação e deposição de amido no endosperma que corresponde ao crescimento linear de grãos e leva de 50 a 70% do período de enchimento do grão (Acevedo *et al.*, 2002).

A fase de maturação encerra o ciclo vegetativo e corresponde à acumulação de amido nos grãos, das reservas acumuladas durante o período vegetativo (Sampaio, 1990).

2.2.3. Principais constrangimentos climáticos no nosso clima

As limitações ao crescimento dos cereais de outono-inverno nas principais regiões produtoras de Portugal são várias, constituindo a errática distribuição das chuvas o principal fator limitante, alternando os chamados anos com condições favoráveis e os anos com condições desfavoráveis. Portugal, situado no extremo mais ocidental da Península Ibérica, é caracterizado pela existência de uma grande variabilidade espaço-temporal na distribuição da precipitação, típica do clima mediterrânico (Coutinho *et al.*, 2014).

Nas zonas de clima mediterrânico a chuva está concentrada no período de outono até à primavera, sendo que no verão a chuva é praticamente inexistente, e muitas vezes chove mais do que é necessário na fase inicial e média do ciclo da cultura, faltando humidade na fase de maturação e enchimento do grão. Esta irregularidade na distribuição da precipitação explica a variação de rendimento das culturas em sequeiro e justifica a utilização de regadio. Os períodos críticos de necessidades hídricas são, o desenvolvimento da espiga, a floração e a fase inicial da formação do grão. O deficit hídrico numa destas fases resulta a redução do nº de espigas por planta, a diminuição do nº de grãos por espigas e a diminuição do próprio peso do grão (Bellido, 1991).

Maçãs (1996), em estudos sobre a variabilidade da quantidade de precipitação, concluiu que a diferença de aproximadamente 40 mm entre as médias de Primavera nos trinténios 1932/61 e 1962/92, no Alentejo, é altamente significativa. A diferença entre as médias de Primavera nos trinténios 1953/1980 e 1981/2010 foi de cerca de 24 mm (Figura 6). Similarmente, a precipitação de Inverno decresceu 50 mm no último trinténio (Figura 7) (Coutinho *et al.*, 2014).

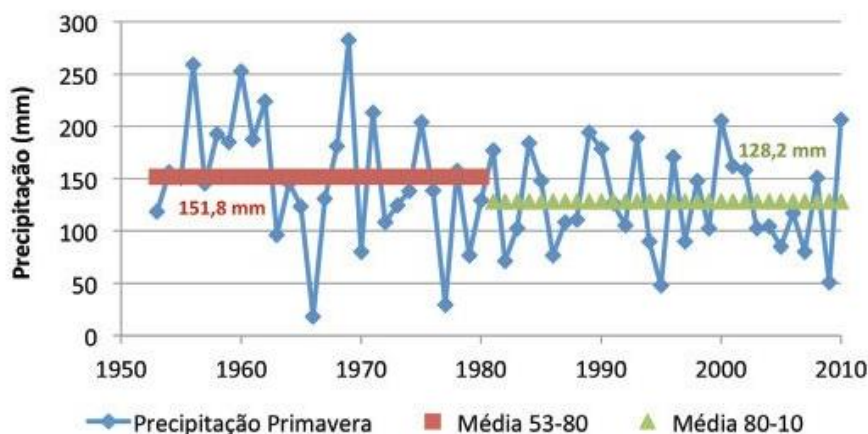


Figura 6 - Irregularidade climática interanual - precipitação média de Primavera nos trintênios 1953/1980 e 1981/2010. Adaptado de Coutinho *et al.*, (2014).

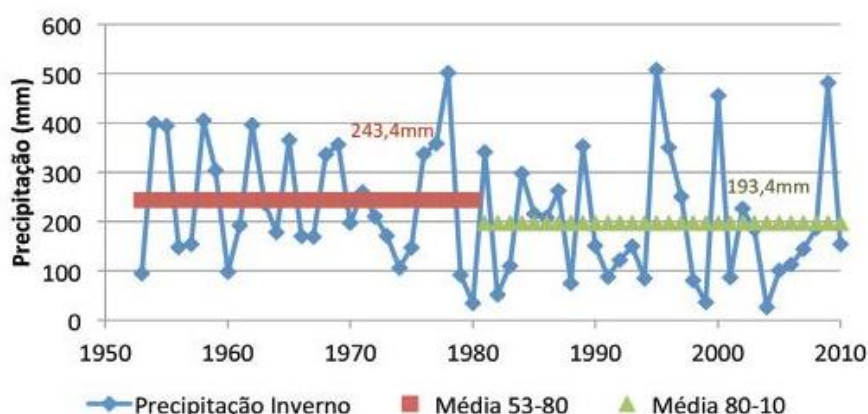


Figura 7 - Irregularidade climática inter anual - Precipitação média de Inverno nos trintênios 1953/1980 e 1981/2010. Adaptado de Coutinho *et al.*, (2014).

O trigo é uma planta que gosta de temperaturas baixas (criófila), mas que se pode cultivar, através das inúmeras variedades criadas, desde os planaltos tropicais até quase ao Círculo Polar; naturalmente, os rendimentos das regiões periféricas não se podem comparar aos das regiões mais favoráveis (Feio, 1991).

Desde o nascimento da planta até à quinta folha, a resistência ao frio é bastante grande sendo máxima quando a planta possui quatro folhas. Nas fases de emborrachamento, espigamento e início da formação do grão (fase leitosa) as baixas temperaturas prejudicam os órgãos recentemente formados, causando consideráveis prejuízos na produção final (Sampaio, 1990).

Temperaturas baixas e geadas de primavera podem provocar vários prejuízos. As espigas de trigo são muito sensíveis às geadas durante um período bastante longo, que vai desde uns quinze dias antes do espigamento até quase ao momento do grão ficar completamente formado (Sampaio, 1990).

Durante o espigamento e a floração, a temperatura ótima deve oscilar entre os 16°C e os 20°C, enquanto para a maturação deverá estar compreendida entre os 15°C e os 20°C (Sampaio, 1990).

O período da luz, vulgarmente designado por fotoperíodo, divide as plantas em três grupos distintos quanto ao ótimo da duração da luz do dia, para o seu ciclo vegetativo: plantas de dias curtos, com o ótimo da duração do dia inferior a 14 horas; plantas de dias compridos quando a o dia dura mais de 14 horas; e plantas independentes da periodicidade da luz (Sampaio, 1990).

O trigo é uma planta de dias longos, com um ótimo quando a duração do dia é superior a 14 horas (Sampaio, 1990).

Pode-se concluir que o nosso país não tem às melhores condições climáticas para a produção de trigo. No inverno temos, normalmente chuva a mais, luz a menos e temperaturas demasiado altas para o trigo. Na primavera temos, no geral, água a menos, luz abaixo do ótimo e temperaturas muito elevadas (Sampaio, 1990).

2.2.4. Fertilização

As plantas necessitam de uma série de elementos minerais para o seu desenvolvimento e crescimento. Podemos agrupar esses elementos em macro e micronutrientes, sendo os macronutrientes os elementos minerais que as planta necessita em maiores quantidades e os micronutrientes os que a planta necessita em menores quantidades. Frequentemente o solo não contém o teor suficiente de macronutrientes (azoto, fósforo e potássio), para que as plantas possam expressar todo o seu potencial genético. Para colmatar essas deficiências de nutrientes no solo utiliza-se adubos químicos.

Os adubos contêm elevados teores de elementos nutritivos (sobretudo macronutrientes – azoto, fósforo e potássio). Atuam nas culturas de forma essencialmente direta, isto é, vão permitir-lhes uma maior absorção dos nutrientes que elas exigem em quantidades mais elevadas (Santos, 1991).

Da utilização de adubos resultam vários problemas referentes à quantidade, qualidade, épocas e técnicas de aplicação. Portanto, na aplicação dos adubos dever-se-á começar por definir as quantidades de macronutrientes principais a aplicar, as quais são em função das exigências das cultura, das disponibilidades existentes no solo (avaliadas com base nos resultados de análises de terra) e da taxa de utilização (Santos, 1991).

Segundo Santos (1991), a quantidade de macronutrientes principais (azoto, fósforo e potássio) expressa em kg de N, P₂O₅, K₂O, que em média são extraídos pelo grão e pela palha, por cada 1000 kg de trigo é apresentada no Quadro 1:

Quadro 1 - Quantidade de macronutrientes (em kg) extraídos pelo grão e pela palha, para uma produção de 1000 kg de trigo. Adaptado de Santos (1991).

	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	grão	palha	total	Grão	palha	total	grão	palha	total
Trigo	20	7	27	9	3	12	5	17	22

2.2.4.1. Azoto no solo

Mais de 95% do azoto encontra-se nos solos em formas orgânicas. Apenas 1 a 3 % do azoto em formas orgânicas é mineralizado em cada ano. O azoto mineral libertado é uma fonte importante do nutriente para as plantas, devendo ser contabilizado nos cálculos de fertilização das culturas. O azoto mineral (utilizável diretamente pelas plantas), pode-se encontrar na forma amoniacal, fixado pelo complexo absorvente, mas instável. As bactérias do solo transformam o azoto amoniacal em azoto nítrico (nitrificação), este azoto é mais facilmente utilizável pelas plantas do que o azoto amoniacal (Guerreiro, 2015).

As principais entradas de azoto no solo são derivadas a: fixação biológica do azoto, deposição a partir da atmosfera, aplicação de fertilizantes e água de rega (Guerreiro, 2015).

As principais saídas de azoto do solo são derivadas a: remoção pelas culturas, perdas gasosas (volatilização) e perdas por lixiviação, erosão, e escoamento superficial (Guerreiro, 2015). As perdas gasosas (desnitrificação) contribuem para o aquecimento global e para a destruição da camada do ozono, enquanto as perdas por lixiviação afetam a qualidade do solo, a água e podem interferir na saúde humana e animal (Tomaz *et al.*, 2018).

A eficiência de utilização do azoto em clima mediterrânico é, em geral, baixa e várias dificuldades que se colocam ao seu aumento. O excesso de precipitação no período de outono/inverno cria, na maioria dos anos, a condição para ocorrência de perdas de azoto por lavagem, ou seja a drenagem de água no solo. O baixo teor de matéria orgânica na generalidade dos nossos solos, deixa a nutrição azotada muito dependente das adubações azotadas (Carvalho *et al.*, 2004).

2.2.4.2. Azoto na planta

O azoto é o elemento que mais frequentemente se encontra em deficiência nos solos e por esta razão, é aquele que mais frequentemente limita o crescimento vegetal (Guerreiro, 2015).

O azoto é absorvido pelas plantas maioritariamente pelas raízes mas também pela parte aérea através dos estomas e micróporos das plantas. Na maior parte dos solos, as plantas absorvem o azoto pelas raízes, sobretudo nas formas de iões nitrato e amónio, porque: o azoto foi aplicado ao solo nestas formas ou os microorganismos do solo convertem o azoto orgânico em mineral (Guerreiro, 2015).

Quando o fornecimento de azoto não é adequado o crescimento é afetado (a planta fica mais pequena e as folhas apresentam menor dimensão), ocorre remobilização do azoto das folhas expandidas para as regiões mais jovens das plantas, levando à senescência precoce das folhas mais velhas, com diminuição do teor de proteínas e colapso dos cloroplastos, maturação precoce com produção e qualidade reduzidas, antecipação da maturação e da senescência e o afilamento é afetado, assim como o número de espigas e o número de grãos por espiga (Guerreiro, 2015).

O excesso de azoto provoca um crescimento excessivo das células vegetais que ficam com paredes mais finas. Assim as plantas ficam mais susceptíveis a ataques fitopatológicos e condições climáticas adversas (vento, geada, seca). O excesso de azoto desfavorece a formação de tecidos mecânicos, com consequências que podem traduzir-se por maior tendência para a acama (Santos, 1991).

2.2.4.3. Uso eficiente do azoto e fertilizantes de eficiência aumentada (EEF)

As necessidades em azoto das plantas variam ao longo do ciclo de crescimento da cultura, logo os efeitos da sua aplicação vão depender do estágio fenológico em que se a planta se encontra, Tomaz *et al.*, *Cit.in* Oliveira (2018). O objetivo da aplicação racional de nutrientes é aumentar o desempenho geral do sistema de cultivo, proporcionando uma nutrição economicamente ideal à cultura, minimizando as perdas de nutrientes e apoiando a sustentabilidade do sistema agrícola através de contribuições para a fertilidade do solo ou outros componentes da qualidade do solo, Fixen *et al.*, *cit.in* Oliveira (2018).

A aplicação fracionada de azoto ao longo do ciclo vegetativo da cultura permite a redução das perdas por lixiviação e volatilização, levando a um aumento de eficiência do seu uso (Patanita *et al.*, 2018).

Sob condições agroambientais que ainda assim favoreçam estas perdas, tais como períodos chuvosos ou regadio, os fertilizantes de eficiência aumentada (EEF) -

produtos de libertação controlada ou de libertação lenta, e inibidores de nitrificação - podem melhorar a eficiência do azoto aplicado. Assim, os adubos específicos, aqueles que cedem os nutrientes de forma gradual, ao longo do ciclo da cultura, procuram aproximar-se da «solução ideal». Trenkel *cit. in* Patanita *et al.*, (2018), classifica estes adubos da seguinte forma:

- Libertação lenta - produtos de degradação microbiana;
- Libertação controlada - produtos protegidos, revestidos por películas de enxofre;
- Estabilizados - introdução de inibidores da nitrificação ou da hidrólise da ureia;

Como vantagens, os fertilizantes EEF permitem manter/aumentar a produtividade com reduzidas taxas de aplicação de azoto, reduzir perdas de azoto para o ambiente, uma maior distribuição de nutrientes à planta e aplicações mais económicas, quando comparados com fertilizantes clássicos (Oliveira, 2018).

2.2.5. Gestão da rega

A cultura do trigo possui uma relativa tolerância à deficiência hídrica quando comparada a outras culturas, devido à sua maior eficiência no uso da água, consequência de ser originária de regiões semiáridas (Boteta, 2013 e 2014).

No entanto, a produção do trigo aumenta consideravelmente quando recebe complementos hídricos à precipitação, especialmente em zonas e anos de fraca e/ou má distribuição da pluviometria em que o êxito da cultura depende da disponibilidade de efetuar regas de complemento. Perante esta situação e associado aos períodos de seca cada vez mais longos que se têm registado e à superfície de regadio que tem aumentado significativamente nos últimos anos, contribuem para o aumento da procura de água pela agricultura, que a par de outros utilizadores, como o saneamento básico e a indústria, acarreta implicações num uso racional cada vez maior deste bem precioso e caro que representa este fator de produção (Boteta, 2013 e 2014).

Assim torna-se imperioso a melhoria do uso e gestão da água de rega, tendo como objetivo aumentar a disponibilidade de água para mais regadios, aumentar a produtividade da água e diminuir o impacto ambiental negativo associado à rega (Boteta, 2013 e 2014).

Para atingir estes objetivos é fundamental ter em consideração vários parâmetros tais como o ciclo da cultura e a influência do défice nos vários estados fenológicos,

conhecimento da capacidade de armazenamento de água dos solos, informação agrometeorológica, sistemas de monitorização da disponibilidade de água no solo e sistemas de rega eficientes (Boteta, 2013 e 2014).

Segundo Boteta (2013 e 2014), ao longo do ciclo da cultura existem três fases fundamentais a ter em consideração na gestão da rega do trigo, como se pode observar na Figura 8.

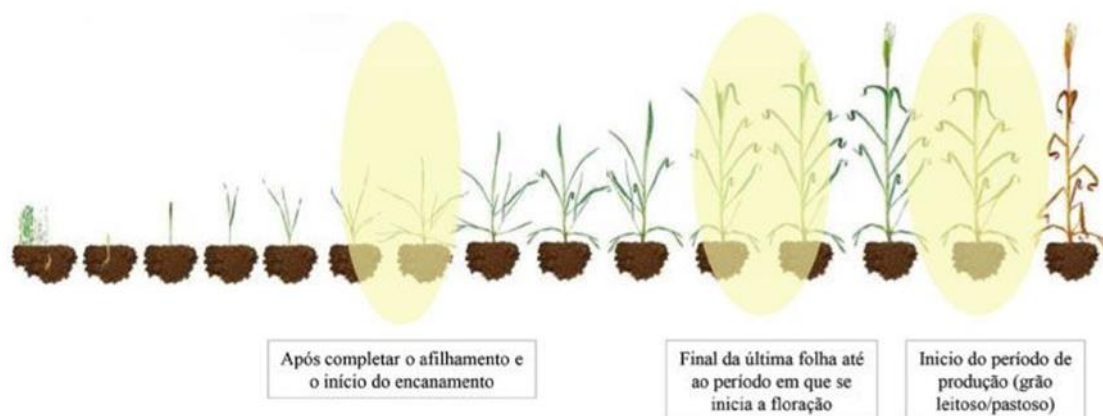


Figura 8 - Fases críticas ao défice hídrico na cultura do trigo. Adaptado de Boteta (2014).

1-Quando as plantas têm cerca de 15 cm de altura, que coincide com o final do afilamento e o início do encanamento. Neste período, no qual é determinado o número potencial de espigas e número potencial de espiguetas e flores por espiga;

2-No final do desenvolvimento da espiga e início da floração, período no qual um défice de água irá reduzir significativamente o número de grãos por espiga;

3-No período de formação do grão, quando um défice de água combinado com ventos quentes e secos pode originar um enchimento do grão incompleto e uma produção de baixa qualidade com grãos engelhados.

Cabe ao regante determinar quando se deve iniciar a rega, qual a quantidade de água a fornecer ao solo e como proceder a essa operação.

Na generalidade dos casos, a rega deve realizar-se quando a humidade do solo desce para o teor crítico cultural (abaixo da reserva facilmente utilizável) e de modo a distribuir apenas a quantidade de água suficiente para repor a capacidade de campo, o que, em teoria, permite obter a maior produção possível (Raposo, 1996).

A gestão da rega pode ser realizada com base na evapotranspiração, onde se repõe no solo as perdas de água que, descontado o input de água por precipitação, ocorreram por evapotranspiração (Allen *et al.*, 1998).

A taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, semelhante a um extenso coberto de relva verde, com uma altura uniforme (12cm), em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e bem abastecido de água é designada por evapotranspiração de referência (ET₀) (Allen *et al.*, 1998).

A evapotranspiração da cultura (ET_c) sob condição padrão (ET₀), é a evapotranspiração de uma cultura livre de pragas, doenças e infestantes, bem fertilizada, e bem abastecida de água que se desenvolve numa determinada área, e que alcança a máxima produção sob determinadas condições climáticas. A ET_c pode ser calculada a partir de dados climáticos e integrar diretamente os fatores referentes à resistência da cultura, ao albedo (relação entre a quantidade de luz refletida de uma maneira difusa por um corpo não luminoso e a quantidade de luz incidente), e à resistência do ar, no método de «Penman-Monteith». O método de «Penman-Monteith» é usado para estimar a evapotranspiração da cultura de referência, ou seja, a ET₀ (Albuquerque *et al.*, 2001).

O resultado da relação de ET_c/ET₀ é a aquilo que se chama o coeficiente cultural (K_c). Este K_c é uma constante que cada cultura tem para uma determinada fase do seu ciclo vegetativo que relaciona a ET_c (evapotranspiração cultural) nessa determinada fase com a ET₀ (evapotranspiração de referencia). Quando o K_c é inferior a 1 tem-se que a cultura evapotranspira menos do que um extenso coberto de relva verde atrás referido, quando o K_c é superior a 1 tem-se que a cultura evapotranspira mais do que o coberto. Devido às variações nas características da cultura ao longo do seu ciclo, o K_c de uma certa cultura varia desde a sementeira até a colheita (Figura 9).

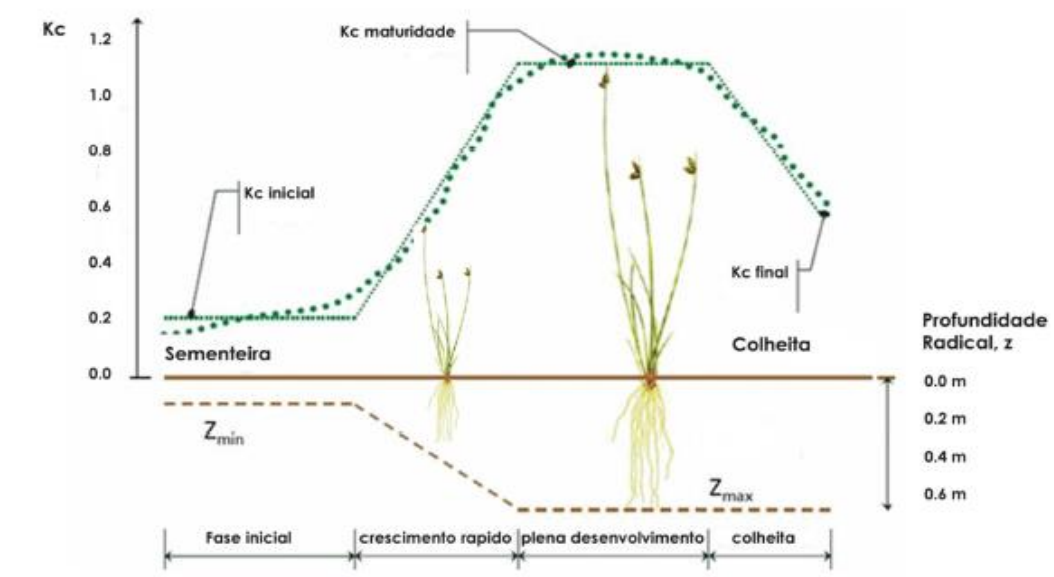


Figura 9 - Curva de K_c do trigo. Adaptado de Shahidian, Sd.

Através da observação da Figura 9, tem-se que o coeficiente cultural (K_c) aumenta até a cultura alcançar o seu máximo desenvolvimento e mantém-se estável até a cultura entrar na fase de maturação. A partir da fase de maturação a evapotranspiração da cultura, é logicamente mais reduzida e o coeficiente cultural começa a ser mais baixo.

Atualmente é possível monitorizar, com algum grau de precisão e em tempo real, a evolução da disponibilidade de água para a cultura bem como as camadas de solo onde o sistema radicular está a fazer a extração de água, permitindo ultrapassar uma das dificuldades da gestão adequada da rega que é determinar o momento e a quantidade de água que deverá ser aplicada (Boteta, 2013 e 2014).

Há vários métodos de medida do consumo diário de água, assim como indicadores do défice hídrico, mas cada um apresenta o seu grau de dificuldade de uso no campo, que, por vezes pela sua elevada complexidade, leva a que o utilizador abdique de efetuar qualquer tipo de monitorização da rega. Os equipamentos mais comuns são sondas tipo capacitivas que são colocadas em tubos de acesso enterrados no solo (Figura 10), onde monitorizam a evolução da humidade a vários níveis de profundidade de acordo com a interação solo e sistema radicular da cultura (Boteta, 2013 e 2014).

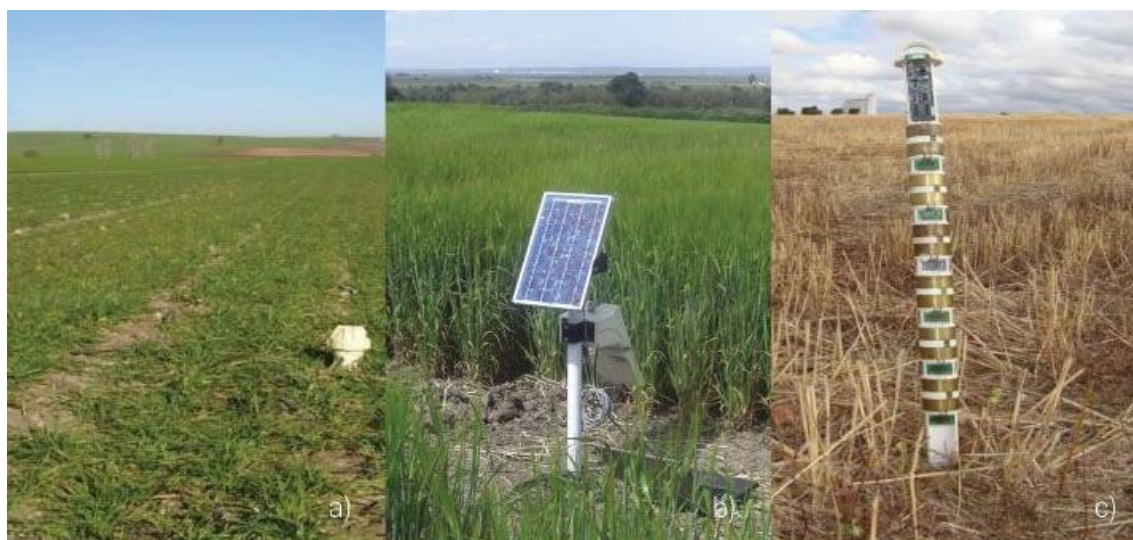


Figura 10 - Sistemas de monitorização de água no solo: a)sonda instalada na parcela; b)sistema de aquisição e transmissão de dados; c)sensores capacitativos instalados a cada 10 cm. Adaptado de Boteta (2014).

Para as nossas condições a maioria dos solos apresentam uma profundidade efetiva que não vai para além dos 50/60 cm de profundidade, ou seja, podemos considerar que as raízes podem penetrar livremente até esta profundidade em busca de água e de elementos necessários para o desenvolvimento da planta. Assim considera-se que a disposição dos níveis de monitorização com os sensores de humidade seja

importante na zona de maior absorção, que vai até aos 40 cm de profundidade e também garantir sempre a existência de um sensor no limite da profundidade efetiva, que permita acautelar que as dotações de rega não ultrapassem esta profundidade (Boteta, 2013 e 2014).

2.2.6. Qualidade do trigo mole

2.2.6.1. Definição de qualidade do trigo mole

A qualidade do trigo mole é um conceito muito complexo e de difícil definição uma vez que depende de inúmeros factores, ampla gama de produtos finais, diferentes interesses (produção, indústria moageira e transformadora), evolução tecnológica, gostos do consumidor e questões culturais. Deve ser sempre definida em relação à aptidão que uma variedade tem para produzir um bom produto final. A qualidade do trigo mole é assim especificada em termos de produto final (Figura 11), uma vez que existe uma grande diversidade de produtos finais (panificação, fabrico de bolachas e biscoitos, pastelaria, fabrico de «noodles», etc...), (Bagulho, 2008).

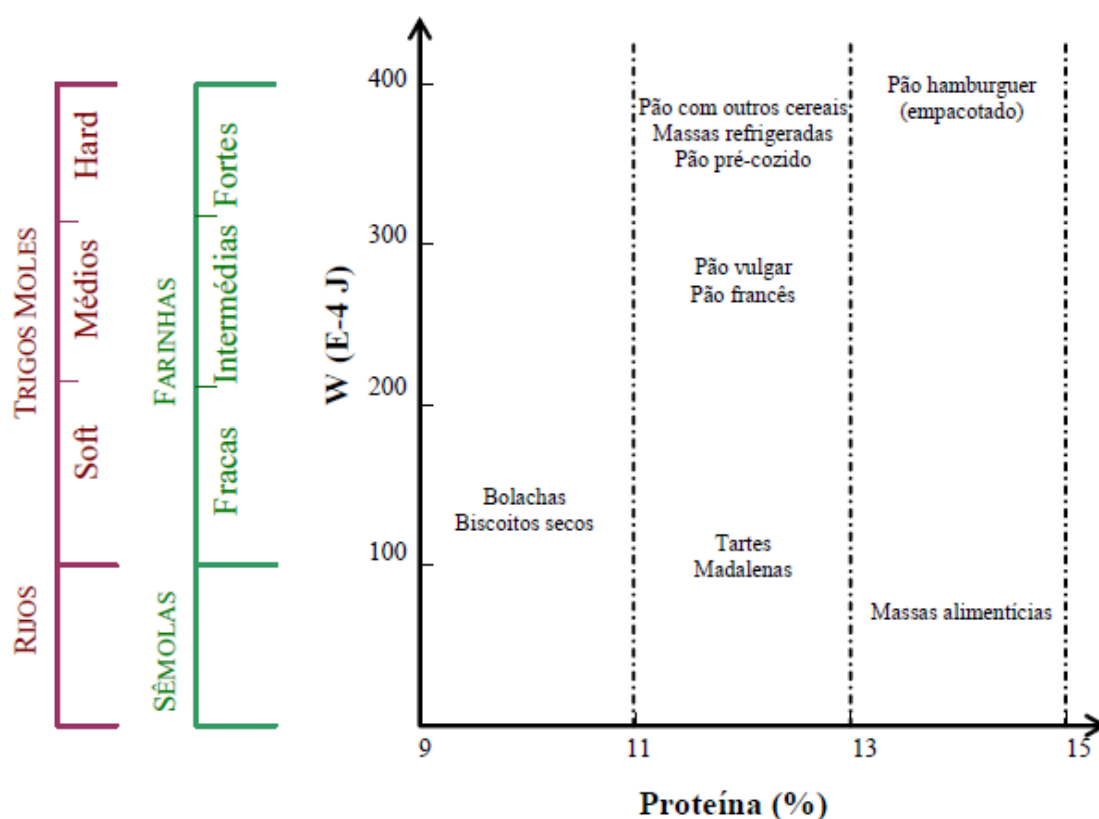


Figura 11 - Diversidade de produtos alimentares obtidos a partir do trigo.
Adaptado de Bagulho (2008).

A panificação é a sua principal utilização, sendo necessárias farinhas fortes, com maior capacidade de retenção do dióxido de carbono libertado durante o processo fermentativo, o que se traduz num maior volume de pão. A força é também um requisito necessário para que a massa consiga suportar os processos tecnológicos envolvidos na panificação industrial (Bagulho, 2008).

A qualidade do trigo mole para panificação está associada à fertilização azotada, uma vez que a maior parte das análises de avaliação tecnológica têm na proteína do grão a característica fundamental (Costa *et al.*, 2015 e Patanita *et al.*, 2018)

Para a produção das bolachas, os aspectos de avaliação global da qualidade são principalmente o formato/tamanho, a espessura e a densidade. Estas características dependem fundamentalmente dos constituintes da farinha responsáveis pela absorção de água, ou seja, das proteínas, do amido danificado, das pentosanas insolúveis e da dureza dos trigos (tipo «soft»). A extensibilidade (capacidade de uma massa deformar sem quebrar) é uma característica desejável para todos os produtos e é muito influenciada pelo teor e composição proteica (Bagulho, 2008).

2.2.6.2. Massa hectolitro

A massa do hectolitro, também denominada por peso específico ou densidade aparente, é expressa em peso de grão por unidade de volume (kg/hl). Depende da variedade, das condições ambientais de cada local e de cada ano e de algumas técnicas de cultivo, entre as quais a fertilização e a rega (Costa *et al.*, 2015).

Uma massa de hectolitro com um valor elevado, é sinal de uma boa formação do grão e indica a acumulação de nutrientes no grão. É uma medida que pode contribuir para avaliação da qualidade do grão, uma vez que se relaciona com fatores como grãos mal formados e impurezas. Condições de secura e altas temperaturas durante o enchimento e maturação do grão levam a uma diminuição da massa de hectolitro. Dentro de certos intervalos, o aumento da massa de hectolitro leva a um aumento do rendimento em farinha (Costa *et al.*, 2015).

2.2.6.3. Proteína

A quantidade e a qualidade das proteínas são fatores determinantes da qualidade de um trigo. A qualidade das proteínas está principalmente ligada ao genótipo, sendo portanto hereditária e dependente da variedade, enquanto que a quantidade é uma característica fenotípica, ligada à influência ambiental e às práticas culturais. O teor de

proteína é muito variável (7-22%, vulgarmente entre 10 e 15%), dependendo da variedade, das condições ambientais e da disponibilidade de azoto. A comercialização dos trigos realiza-se em função da proteína (Espada, 2017).

No trigo, as proteínas estão divididas em proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e proteínas de reserva (gliadina e glutenina), ou seja, o glúten, o principal responsável pelas propriedades viscoelásticas da massa (Scheuer *et al.*, 2011).

O teor proteico é um parâmetro com enorme influência ambiental que depende fundamentalmente de uma adubação azotada adequada e da temperatura durante o enchimento do grão (INIAV, 2014).

2.2.6.4. Humidade

O teor de água do grão representa um índice comercial significativo, pois influencia o seu peso específico, rendimento da moagem, conservação e características tecnológicas. Um exemplo disso é a influência que as condições climáticas exercem durante a colheita e a influência que as condições de humidade do ambiente exercem durante o armazenamento. Assim, os limites de humidade são aspectos imprescindíveis para conservação do grão e da farinha e para a respectiva comercialização (Scheuer *et al.*, 2011).

A influência da atividade da água e da temperatura no crescimento de fungos e na produção de toxinas deve levar em consideração uma forma de preservar as características dos grãos (Scheuer *et al.*, 2011).

2.2.6.5. Índice de queda

O índice de queda é o tempo, expresso em segundos, que um agitador viscosimétrico leva a agitar e depois a percorrer uma determinada distancia num tubo viscosimétrico, no qual se encontra uma suspensão aquosa de farinha ou de produto de moenda integral, tubo esse mergulhado em água a ferver (Martinho, 1985).

Este método, também denominado por «falling number», determina a atividade amilásica utilizando o amido como suporte. Fundamenta-se na gelatização básica de uma suspensão aquosa de farinha em «banho de maria» a ferver, seguindo-se a medição do tempo de liquefação por ação da «a-amilase»; este princípio coincide com a acção química que ocorre durante todo o processo de panificação (Verdugo, 1989 *cit. in* Valadas, 1995).

Segundo o autor anterior, as normas do falling number utiliza-se a seguinte interpretação de resultados no índice de queda:

-Para valores inferiores a 150 segundos – Alta atividade amilásica, trigo germinado. A massa do pão é pegajosa.

-Para valores situados entre 200 e 300 segundos – Atividade amilásica ótima, trigo não germinado. Pode dar um pão de boa qualidade.

-Para valores superiores a 300 segundos – Baixa atividade amilásica. A massa pode ser muito seca e o volume reduzido.

2.2.6.6. Glutén

O glutén contém cerca de 85% da proteína total do trigo, sendo constituído por duas proteínas distintas: a gliadina e a glutenina. A gliadina é uma proteína que se reflete nas características de viscosidade, sendo por isso uma substância pegajosa, atuando também como elemento de ligação para a glutenina, que é menos coerente mas mais tenaz, possuindo propriedades elásticas (Martinho, 1985).

A propriedade viscoelástica do glutén é caracterizada a partir da atuação plastificante da gliadina, promovendo viscosidade, e da glutenina, promovendo a resistência à ruptura da massa ou seja, a gliadina tem boa extensibilidade e a glutenina, melhor elasticidade (Scheuer *et al.*, 2011).

É a presença das proteínas do glutén na farinha de trigo que a torna apropriada à elaboração de produtos panificáveis levedados, pois é a rede proteica do glutén a responsável pela retenção de dióxido de carbono produzido durante o processo de fermentação (Scheuer *et al.*, 2011).

2.2.6.7. Alveograma de Chopin

O Alveógrafo de Chopin é o equipamento mais utilizado na indústria de moagem de trigo, servindo de base a todas as transações económicas quando chega o momento de avaliar a qualidade do trigo ou das farinhas. Simula graficamente o comportamento da massa durante a fermentação e permite uma boa avaliação da força e extensibilidade da massa em condições de hidratação constante. Faz-se uma amassadura em condições padronizadas, onde se efetua a extração de discos de massa que após o repouso são testados. Regista-se a formação do balão por «insuflação» de ar até à rotura do mesmo (Costa *et al.*, 2015).

A interpretação dos gráficos obtidos (alveogramas) é feita da seguinte forma segundo Souza, (2013):

- Força alveográfica (W) – energia (expressa em 10^{-4}J) necessária para deformar a massa até à sua rotura;
- Tenacidade (P) – pressão máxima necessária à deformação da massa (expressa em mm), que está relacionada com a resistência da massa à deformação;
- Extensibilidade (L) – a abcissa correspondente ao ponto de rotura (expressa em mm) que corresponde à elasticidade da massa.
- Relação de equilíbrio (P/L) – relação entre a tenacidade e a extensibilidade, que indica de uma forma numérica a configuração da curva, expressando o equilíbrio da massa.

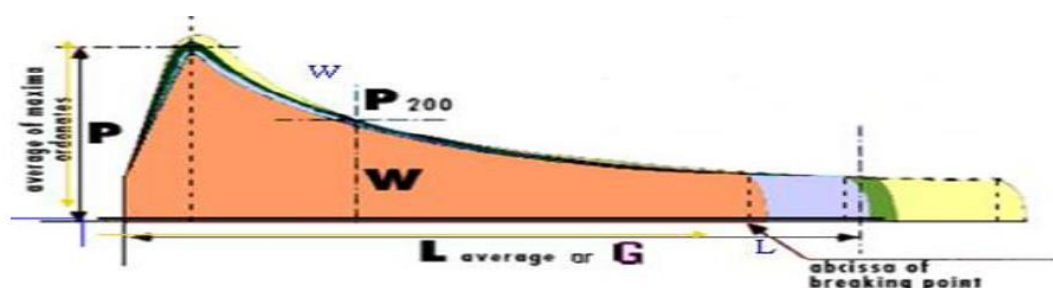


Figura 12 - Representação esquemática dos parâmetros do Alveograma de Chopin.
Adaptado de Souza (2013).

Os valores de W e P/L para quatro tipos básicos de trigo para moagem são, de acordo com Cardoso (2013), os seguintes:

- $W \geq 300 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,5 – 0,8: trigo melhorador;
- $W \geq 200 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,5 – 0,8: trigo de força;
- $W \geq 150 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,5 – 0,8: trigo para panificação;
- $W = 80 \times 10^{-4} \text{ J}$ a $120 \times 10^{-4} \text{ J}$ e P/L entre 0,3 – 0,5: trigo para bolacha.

Capítulo 3 - Material e métodos

3.1. Localização dos ensaios

O ensaio foi realizado nos terrenos da Quinta da Saúde, uma propriedade localizada a cerca de dois quilómetros da cidade de Beja junto ao IP2, explorada pela Instituto Politécnico de Beja. As parcelas, correspondentes aos três regimes hídricos, foram instaladas com as seguintes coordenadas:

- R0- Regime de sequeiro (38°02'188" N; 7°53'118" W);
- R1- Rega 100% ETc ao longo do ciclo da cultura (38°02'066" N; 7°53'092" W);
- R2- Rega 100% ETc nas fases críticas da cultura (38°02'008" N; 7°53'096" W).

3.2. Caracterização edafo-climática da região

A área de terreno no qual foi instalado o ensaio está classificado na carta de solos de Portugal nº 43-C, como pertencente à família Pm – Solos Mediterrâneos Pardos de dioritos ou rochas microfaneíriticas ou cristalofílicas afins (SROA, 1961). Esta família de solos pertence à ordem dos solos mediterrânicos pardos e subordem de dioritos ou rochas microfaneíriticas ou rochas cristalofílicas básicas (Cardoso, 1965). Segundo o autor anterior, como principais características dos solos da família Pm, destacam-se a textura mediana, o aumento da percentagem de argila com a profundidade, o baixo teor de matéria orgânica que decresce com a profundidade, a muito baixa relação C/N, denotando intensa atividade biológica, a mediana capacidade de troca catiónica nos horizontes superiores e elevada nos inferiores, acompanhando de certa forma a curva de distribuição da argila.

O clima em Portugal continental é, segundo a classificação de Köppen, clima mediterrânico. O clima mediterrânico é caracterizado por ser um clima quente e temperado com invernos chuvosos e verões secos. Podemos subdividir o clima mediterrânico em climas de verão quente e seco (classificados como Csa) e climas de verão fresco (classificados como Csb). As regiões ao sul do país, onde se inclui o Alentejo estão inseridas no clima mediterrânico Csa, ou seja, clima de verão quente e seco (Kottek *et al.*, 2006).

Durante o verão, as regiões do clima mediterrâneo são fortemente influenciadas pelas correntes oceânicas frias, que mantêm o clima da região muito seco e estável, semelhante a climas desérticos (Kottek *et al.*, 2006).

No inverno, não existe influência das correntes oceânicas o que faz com que as nuvens se formem e a probabilidade de precipitação seja muito maior. Como resultado desde fenómeno a precipitação concentra-se em grande parte no inverno (Kottek *et al.*, 2006).

No Quadro 2 podemos observar os valores mensais de temperatura média máxima, temperatura média mínima e precipitação no ano agrícola de 2017/2018 (COTR, 2018) e as normais climatológicas dos anos de 1971 a 2000 (IPMA, 2018).

Quadro 2 - Valores de temperatura média máxima, temperatura média mínima e precipitação do ano agrícola 2017/2018 e no período 1971 a 2000.

Meses	T.Méd.Máx (°C)		T.Méd.Mín (°C)		Precipitação (mm)	
	2017/18	1971-2000	2017/18	1971-2000	2017/18	1971-2000
Setembro	31.2	29.3	13.4	15.1	0.0	24.7
Outubro	29.8	23.2	14.4	12.3	22.3	63.3
Novembro	21.7	18.0	7.9	8.9	62.9	71.8
Dezembro	15.9	14.7	5.6	6.8	51.8	100.6
Janeiro	14.9	13.9	5.3	5.3	48.3	73.7
Fevereiro	16.0	15.3	3.9	6.0	17.4	61.5
Março	16.1	18.3	6.9	7.0	220.7	42.5
Abril	19.4	19.8	8.3	8.2	80.8	62.2
Maio	23.6	23.4	10.2	10.4	85.7	47.0
Junho	28.0	28.7	13.7	13.4	13.7	17.6
Julho	30.5	30.5	14.5	15.6	1.0	2.9
Agosto	36.6	36.6	17.4	15.9	0.1	4.0
Média/Total	23.6	22.6	10.1	10.4	604.7	571.8

Comparando os valores de precipitação tem-se no ano agrícola de 2017/2018, um total de 604,7mm, ligeiramente superior ao valor das normais climatológicas que se situa nos 571,8mm, mas é sobretudo na distribuição da precipitação que as diferenças são mais evidentes. No último trimestre do ano civil (meses de Outubro, Novembro e Dezembro) a precipitação em 2017/2018 foi inferior ao valor para esses mesmos meses nas normais climatológicas, o que de certa forma foi positivo porque possibilitou uma boa preparação de solo e sementeira e choveu o necessário para que ocorresse uma boa germinação e emergência das plantas, não havendo grandes diferenças de desenvolvimento da cultura nesta fase nos três ensaios. No mês de Janeiro e,

principalmente no mês de Fevereiro, a precipitação em 2017/2018 foi muito inferior às normais climatológicas para a região, resultando numa dificuldade no desenvolvimento da cultura, devido ao «stress hídrico», nas fases de afilhamento e início do encanamento, nos ensaios de sequeiro e de rega 100% ETc nas fases críticas, este último devido ao facto de ainda não se terem efetuado regas. Nos meses de Março, Abril e Maio a precipitação em 2017/2018 foi muito superior aos valores registados nas normais climatológicas, o que beneficiou muito a cultura já que a precipitação ocorreu nas fases em que a cultura mais precisa de água e em que mais sofre com o «stress hídrico», motivo que levou a que não existam diferenças significativas de produção do ensaio de sequeiro para os dois ensaios de regadio.

Em relação aos valores de temperatura média máxima e temperatura média mínima não houve grandes diferenças entre os registados no ano agrícola de 2017/2018 e os indicados no período de 1971-2000, como se pode comprovar através da observação do Quadro 2. De destacar que nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro a temperatura média registada em 2017/2018 foi superior à temperatura média máxima das normais climatológicas, o que favoreceu a germinação e o crescimento inicial de plântulas, enquanto que a temperatura média mínima foi inferior às normais climatológicas, podendo ter contribuído para promover um bom enraizamento da cultura. Nos meses de Março, Abril e Maio as temperaturas médias mínimas do ano 2017/2018 estão próximas dos valores registados nas normais climatológicas, enquanto que as temperaturas médias máximas foram um pouco inferiores no mês de Março, conduzindo a uma redução da taxa de evapotranspiração, o que aliado à ocorrência de intensa precipitação nestes meses promoveu condições de «conforto hídrico» para as culturas mesmo em condições de sequeiro. No final do ciclo da cultura, que ocorreu em Maiores e Junho, os valores de temperaturas registados foram semelhantes aos do período em comparação (Quadro 2), temperaturas essas que no ano de 2017/2018 não terão prejudicado o espigamento e a formação do grão.

3.3. Delineamento experimental

Instalou-se um ensaio de campo com dois fatores de estudo:

- regime hídrico (modalidades de rega);
- fertilização azotada à sementeira (fertilizantes e fracionamento).

O desenho experimental adoptado foi parcelas subdivididas («split-plot») com quatro repetições. As modalidades de rega nas parcelas principais e os tratamentos de fertilização azotada nas parcelas secundárias. Cada uma destas parcelas ocupou uma área de 9,6 m² (8,0m x 1,2m), com seis linhas de sementeira.

As modalidades de rega foram as seguintes:

- R0, que correspondeu ao regime de sequeiro pelo que não se efetuou rega;
- R1, que correspondeu ao conforto hídrico, com rega a 100% de ETc ao longo do ciclo da cultura;
- R2, que correspondeu a rega deficitária, com rega a 100% ETc nas fases críticas da cultura (encanamento, emborrachamento, floração e enchimento do grão).

Os tratamentos de fertilização azotada, cuja dose foi de 180 kg N/ha, foram oito, tendo-se utilizado quatro tipos de fertilizantes:

- A1 e A2, tratamentos com o fertilizante clássico FOSKAMONIO 12-24-12;
- A3 e A4, tratamentos com o fertilizante ENTEC 20-10-10 que incorpora um inibidor da nitrificação;
- A5 e A6, tratamentos com o fertilizante de libertação controlada NERGETIC 20-8-6;
- A7 e A8, tratamentos com o fertilizante DURAMON FUERZA 20-5-5 que dispõe de um inibidor da urease.

Nas fertilizações de cobertura ao afilhamento utilizou-se Ureia 46% e ao encanamento e emborrachamento o fertilizante Nitrolusal 27%. Em sequeiro (R0) apenas se aplicou 2/3 da dose de azoto aplicada em regadio (R1 e R2). No Quadro 3 indicam-se os fraccionamentos da aplicação dos fertilizantes ao longo do ciclo da cultura.

Quadro 3 - Tratamentos da fertilização azotada, fraccionamento, época de aplicação e fertilizantes de fundo e cobertura.

Tratamento	Adubo	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento
A1	Foskamónio 12-24-12	25	50		25
A2		25	25	25	25
A3	Entec 20-10-10	100			
A4		50			50
A5	Nergetic 20-08-10	100			
A6		50			50
A7	Duramon 20-05-05	100			
A8		50			50
Adubo cobertura		Ureia 46%		Nitroamoniacal 27%	

3.4. Material Vegetal

Utilizou-se na sementeira a variedade de trigo mole ‘Antequera’, originária e registada em Espanha em 2009, obtida e comercializada pela empresa AGROVEGETAL, S.A., (Genvce, 2011).

Esta variedade está classificada, na lista de variedades recomendadas (LVR), para sementeiras de 2017/2018, como trigo melhorador, denominação que é atribuída aos genótipos de trigo mole de «força» com aptidão para panificação e para a indústria da confeitaria (bolos e bolachas), (ANPOC, 2018).

É uma variedade de porte ereto e de altura média, com espigas aristadas e supranumerárias, recomendada para sequeiros frescos ou para regadios para expressar todo o seu potencial genético, exibindo produtividade elevada e estável (Agrovegetal, 2016).

Em relação às doenças, é medianamente resistente ao oídio (*Blumeria graminis* f. *sp.tritici*) e à septoriose (*Septoria tritici* y *Septoria nodorum*) e apresenta alta resistência à ferrugem castanha (*Puccinia recondita* f. *sp. tritici*) e à ferrugem amarela (*Puccinia striiformis*), (Agrovegetal, 2016).

Em termos de qualidade, o grão apresenta um teor de proteínas muito alto e uma massa do hectolitro média-alta. No que respeita aos parâmetros alveográficos, a força da massa (W) ronda os $300-400 \times 10^{-4}$ J, enquanto a relação tenacidade/extensibilidade (P/L) é equilibrada. Além do bom comportamento agronómico, estas características tornam esta variedade excelente em termos de qualidade tecnológica (Agrovegetal, 2016).

3.5.Itinerário técnico

3.5.1. R0 – Regime de sequeiro

No Quadro 4 pode-se observar o itinerário técnico seguido em R0 – regime de sequeiro. Não se refere a fertilização azotada porque é um dos fatores em estudo, sendo descrita adiante.

Quadro 4 - Itinerário técnico seguido em R0 - Regime de sequeiro.

Operação	Data	Produto/ Técn.cultural/Cultura	Dose
Precedente cultural		Colza	
Preparação de solo		Grade + Escarificador + Vibrocultor	
Sementeira	22/12/2017	Semeador de ensaios (Wintersteiger)	-400 Sementes germináveis/m ²
Adubação fosfopotássica*	22/12/2017	A lanço	-60 kg/ha P ₂ O ₅ -60 kg/ha K ₂ O
Aplicação de herbicida	02/02/2018	6,20 (p/p) piroxadena + 1,5 (p/p) cloquintocete-merilo + grânulos solúveis 50% (p/p) de tiberão metilo	-900 ml/ha -30g/ha
Aplicação de fungicida	22/03/2018	22,52% (p/p) picoxistrobina	-1 l/ha em 300 l/ha de calda
Aplicação de fungicida	18/04/2018	12,7 (p/p) tubeconazol	-1 l/ha em 300 l/ha de calda
Colheita	25/07/2018	Ceifeira de ensaios (Hege 125c)	

*A adubação fosfopotássica foi ajustada, com recurso ao adubo Amicote CV 44G 0-20-17, nos diferentes tratamentos, quer de adubos clássicos, quer de adubos específicos, para 60 kg/ ha de P₂O₅ e de K₂O, uma vez que estas foram as quantidades incorporadas com a aplicação à sementeira da totalidade do adubo ternário no ensaio de adubos específicos.

3.5.2.R1 – Rega 100% ETc ao longo do ciclo da cultura

No Quadro 5 pode-se observar o itinerário técnico seguido em R1 – Rega 100% ETc ao longo do ciclo da cultura. Não se refere a fertilização azotada porque é um dos fatores em estudo, sendo descrita adiante.

Quadro 5 - Itinerário técnico seguido em R1 - Rega 100% ETc ao longo do ciclo

Operação	Data	Produto/ Técn.cultural/Cultura	Dose
Precedente cultural		Papoila	
Preparação de solo		Grade + Rototerra	
Sementeira	22/12/2017	Semeador de ensaios (Wintersteiger)	-400 Sementes germináveis/m ²
Adubação fosfopotássica*	22/12/2017	A lanço	-60 kg/ha P ₂ O ₅ -60 kg/ha K ₂ O
Aplicação de herbicida	02/02/2018	6,20 (p/p) piroxadena + 1,5 (p/p) cloquintocete-merilo + grânulos solúveis 50% (p/p) de tiberão metilo	-900 ml/ha -30g/ha
Aplicação de fungicida	22/03/2018	22,52% (p/p) picoxistrobina	-1 l/ha em 300 l/ha de calda
Aplicação de fungicida	18/04/2018	12,7 (p/p) tubeconazol	-1 l/ha em 300 l/ha de calda
Colheita	25/07/2018	Ceifeira de ensaios (Hege 125c)	
*A adubação fosfopotássica foi ajustada, com recurso ao adubo Amicote CV 44G 0-20-17, nos diferentes tratamentos, quer de adubos clássicos, quer de adubos específicos, para 90 kg/ ha de P ₂ O ₅ e de K ₂ O, uma vez que estas foram as quantidades incorporadas com a aplicação à sementeira da totalidade do adubo ternário no ensaio de adubos específicos.			

3.5.3.R2 – Rega 100% ETc nas fases críticas

No Quadro 6 pode-se observar o itinerário técnico seguido em R2 – Rega 100% ETc nas fases críticas. Não se refere a fertilização azotada porque é um dos fatores em estudo, sendo descrita adiante.

Quadro 6 - Itinerário técnico seguido em R2 - Rega 100% ETc nas fases críticas

Operação	Data	Produto/ Técn.cultural/Cultura	Dose
Precedente cultural		Colza	
Preparação de solo		Charrua + Escarificador + Vibrocultor	
Sementeira	22/12/2017	Semeador de ensaios (Wintersteiger)	-400 Sementes germináveis/m ²
Adubação fosfopotássica*	22/12/2017	A lanço	-90 kg/ha P ₂ O ₅ -90 kg/ha K ₂ O
Aplicação de herbicida	02/02/2018	6,20 (p/p) piroxadena + 1,5 (p/p) cloquintocete-merilo + grânulos solúveis 50% (p/p) de tiberão metilo	-900 ml/ha -30g/ha
Aplicação de fungicida	22/03/2018	22,52% (p/p) picoxistrobina	-1 l/ha em 300 l/ha de calda
Aplicação de fungicida	18/04/2018	12,7 (p/p) tubeconazol	-1 l/ha em 300 l/ha de calda
Colheita	25/07/2018	Ceifeira de ensaios (Hege 125c)	
*A adubação fosfopotássica foi ajustada, com recurso ao adubo Amicote CV 44G 0-20-17, nos diferentes tratamentos, quer de adubos clássicos, quer de adubos específicos, para 90 kg/ ha de P ₂ O ₅ e de K ₂ O, uma vez que estas foram as quantidades incorporadas com a aplicação à sementeira da totalidade do adubo ternário no ensaio de adubos específicos.			

3.6. Monitorização da rega

Para medir e registar o teor de água no solo foram instaladas em cada modalidade de rega sondas capacitativas, para monitorizar variações de humidade no solo, acompanhando a dinâmica do uso da água no solo pelas culturas e fornecendo informação para a gestão da rega.

Instalou-se uma sonda por parcela principal e sempre na parcela secundária correspondente ao tratamento A2 (fertilizante clássico com quatro épocas de aplicação) na segunda repetição.

Na parcela correspondente à modalidade de conforto hídrico (R1- rega 100% ETc ao longo do ciclo da cultura), instalou-se uma sonda Enviroscan com cinco sensores nas profundidades 10,20,30,40 e 50 cm.

O sistema «Enviroscan» é um sistema de monitorização contínua do teor de humidade do solo que consiste numa rede de tubos que suportam um conjunto de sensores. Os sensores «Enviroscan» medem a constante dielétrica do complexo água-ar e, conseqüentemente, o seu teor de humidade. O campo capacitativo oscilante gerado entre os dois anéis do sensor estende-se através do tubo de PVC para o interior do meio-solo que o rodeia. Uma vez que a área dos anéis condutores e a distância entre eles é fixa no sensor, a capacitância apenas varia com a constante do complexo dielétrico do material que se encontra na vizinhança do sensor. Estes sensores foram desenhados para oscilar a frequências superiores a 100 MHz, de forma a serem essencialmente imunes ao efeito da salinidade e a níveis de fertilizantes tipicamente encontrados em solos agrícolas (Nunes *et al.*, 2003).

Nas restantes parcelas (R0-sequeiro e R2-rega 100% ETc nas fases críticas) instalou-se um tipo de sonda diferente, a sonda Delta T profile Probe PR1, que possui 4 sensores nas profundidades 10,20,30 e 40 cm.

Este sistema assim como as sondas «Enviroscan» é constituído por uma rede de tubos de acesso à sonda, constituída por um conjunto de sensores colocados a diferentes profundidades. Nas sondas PR1 as leituras são registadas no medidor portátil HH2. Cada leitura demora 15 segundos e regista na memória os valores de humidade medidos por cada sensor a cada uma das suas profundidades (Dias, 2003).

Em relação ao funcionamento quando é efetuada a leitura com este equipamento, gera-se um sinal de 100MHz. Este sinal é aplicado aos pares de anéis de aço inoxidável (sensores), dispostos ao longo da sonda, de forma a que se estabeleça um campo electromagnético que se estenda num raio de 100 mm em volta do tubo de acesso. A quantidade de água existente no volume de solo que envolve os sensores determina a condutividade eléctrica (Dias, 2003).

3.7. Variáveis estudadas

3.7.1. Produção de grão e componentes da produção

A produção de grão de cada parcela secundária (9,6 m²) foi corrigida para 12% de humidade e extrapolada para o hectare.

-Peso de 1000 grãos (g): obtido através de uma contagem electrónica pelo contador de grãos «Numigral» (Figura 13), segundo a norma ISSO 520:1977, em que fez quatro contagens de cem grãos cada uma e de seguida se pesou e se fez a média das quatro contagens para depois se multiplicar por dez e obter o peso de mil grãos.



Figura 13 - Contador de grãos «Numigral».

Número de grãos/m²: determinado a partir da produção de grão e do peso de 1000 grãos: produção de grão (kg/ha) / peso de 1000 grãos (g) × 100.

Número de espigas/m²: obtido em cada parcela secundária a partir da contagem de dois locais de 0,2 m² cada e extrapolado para o metro quadrado.

Número de grãos/espiga: calculado por divisão do número de grãos/m² pelo número de espigas/m².

3.7.2. Qualidade tecnológica

A avaliação da qualidade tecnológica realizou-se através de análises laboratoriais efectuadas no grão e na farinha.

-Massa hectolitro (kg /hl): foi determinada num sitómetro (Figura 14) de acordo com Norma Portuguesa 988 (2000). Colocou-se a semente recolhida pelo sitómetro num recipiente e pesou-se em seguida na balança de precisão.

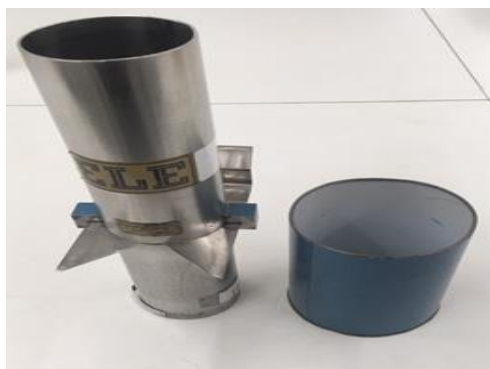


Figura 14 - Sitómetro e respetivo recipiente para pesagem.

-Teor de humidade (%): foi determinado pelo NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho (Figura 15).

-Teor de proteína (%): assim como o teor de humidade, foi determinado no NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho (Figura 15).



Figura 15 - NIT-Espectrofotometria de Transmitância no Infravermelho Próximo «Infratec™ 1241».

-Teor de glúten húmido, seco e índice de glúten: utilizou-se o «Glutomatic» (Figura 14), para se realizar o método de extração mecânica segundo a norma ISO 21415-2:2006. O glúten húmido foi extraído, a partir da farinha, por lavagens com uma solução de cloreto de sódio (2% p/v), e consequente centrifugação. Pesou-se o resíduo obtido, calculando-

se a percentagem de glúten húmido na farinha. O glúten seco foi obtido, segundo a norma ISO 21415-4:2006, pelo equipamento «Glutork 2020» (Figura 16). Este equipamento faz a secagem da farinha, depois da qual se pesa a quantidade de glúten seco na farinha, obtendo-se a percentagem de glúten seco na farinha. O índice de glúten é um indicador da força do glúten e foi estimado de acordo com a norma ICC Standard N° 158 (1995). De acordo com este método o índice de glúten corresponde à percentagem de glúten húmido que permanece no crivo após centrifugação, utilizando-se para este efeito uma centrífuga (Figura 16). Se o glúten for de fraca qualidade, todo o glúten passa através do crivo e o índice de glúten tem um valor próximo de zero; caso contrário o glúten não atravessa o crivo e tem um valor próximo de 100.



Figura 16 - «Glucomatic», centrífuga e «Glutork».

-Índice de queda: a determinação do índice de queda fez-se, segundo a norma ISO 3093:2009, através da seguinte ordem de procedimentos nos seguintes equipamentos: 1º moinho «Laboratory Mill 3100», 2ª agitador «Shakematic 1090», 3º banho «Falling number 1400».



Figura 17 - Moinho «Laboratory Mill 3100», Agitador «Shakematic 1090» e Banho «Falling Number 1400».

- Alveograma: para realizar o alveograma utilizou-se o alveógrafo de «Chopin MA87», juntamente com uma amassadeira e uma calculadora «RCV4» que permite a medição e registo dos dados. Primeiramente pesa-se 250g de farinha de cada tratamento, hidratada com uma solução de cloreto de sódio (2% p/v). Seguidamente a massa resultante é amassada para depois se fazer 5 discos de massa que vão ser testados. O teste consiste em insuflar esses mesmos discos de massa ao ponto da massa se deformar e se formar um balão, até se dar a rutura da massa. Através da variação de pressão obtém-se uma curva, a qual se chama alveograma.



Figura 18 - Alveógrafo «Chopin MA 82», calculadora «Chopin RCV4» e impressora «Epson LX-800».

3.8. Balanço hídrico do solo

O balanço hídrico do solo realizou-se através do software «CROPWAT», versão 8.0. O «CROPWAT 8.0» é um software desenvolvido pela FAO, que inclui uma base de dados padrão de diversas culturas e diversos tipos de solo. Quando existem dados locais sobre a cultura, o solo e o clima (como ocorreu no caso deste trabalho), os dados padrão podem ser modificados para obter assim resultados com maior precisão e rigor.

O «CROPWAT 8.0», permite calcular as necessidades de rega para cultura alcançar todo o seu potencial de produção bem como as melhores oportunidades de rega, dividindo cada mês do ciclo da cultura em 3 partes, chamados. Por esta lógica, o 1º decêndio inicia no 1º dia do mês e vai até ao 10º dia do mês, o 2º decêndio inicia no 11º dia do mês e vai até ao 20º dia, e o 3º decêndio inicia no 21º dia e vai até ao final do mês.

3.9. Análise estatística

A análise estatística dos dados experimentais realizou-se através do «software Statistix», versão 8, da «Analytical Software» (Florida, EUA) e do «Office Excel da Microsoft» (Washington, EUA). Estes softwares permitiram a criação dos modelos de regressão linear e não linear, a sua representação gráfica, assim como também, permitiram a realização de estatística descritiva (médias, desvio-padrão, etc.), de análises de variância (ANOVA, do tipo «split-plot») e de testes de comparação de médias (Tukey) dos resultados para o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Capítulo 4 - Apresentação e discussão dos resultados

4.1. Balanço hídrico no solo

Para medir o teor de água no solo, acompanhar a dinâmica do uso da água pela cultura e para obter assim as informações necessárias para a gestão da rega, foi instalada uma sonda PR1 em cada um dos ensaios de sequeiro (R0) e rega 100% Etc nas fases críticas (R2). No ensaio de rega 100% ao longo de todo o ciclo da cultura (R1), foi instalada uma sonda Enviroscan, que assim como as sondas PR1 é também uma sonda capacitativa que permite as leituras do teor de água no solo.

As sondas foram instaladas no solo a 23/02/2018, numa altura em que a cultura já se encontrava no início do encanamento.

Para procurar utilizar dados mais completos de todo o ciclo da cultura desde a sementeira até à colheita, realizou-se o balanço hídrico com base em indicadores de clima, dados de solo, assim como informação específica de cultivo como a data de sementeira e de colheita e as datas de cada entrada da cultura nos diferentes estados fenológicos. Com base nos dados de regas realmente efectuadas e nos resultados do cálculo das necessidades em rega resultantes do programa de computador «CROPWAT 8.0», elaborou-se o Quatro 7, onde a coluna «Necessidades em rega» é o output do «CROPWAT» e as duas últimas colunas se referem aos dados reais de rega.

Quadro 7 - Necessidades de rega «CROPWAT 8.0»

Mês	Dec	Estado de desenvolvimento (KC)	KC (coef. cultural)	Etc (mm/dec)	Percipitação efetiva (mm/dec)	Necessidades de rega (mm/dec)	Rega 100% Etc (mm/dec)	Rega 100% Etc fases críticas (mm/dec)
Dezembro	3	inicial	0.3	3.2	13.9	0	0	0
Janeiro	1	inicial	0.3	3.9	15.9	0	0	0
Janeiro	2	inicial	0.3	4.2	16	0	0	0
Janeiro	3	Desenvolvimento	0.37	6.8	12.6	0	0	0
Fevereiro	1	Desenvolvimento	0.48	9.7	4.1	5.7	11.36	11.36
Fevereiro	2	Desenvolvimento	0.59	13.8	0	13.8	11.36	11.36
Fevereiro	3	Desenvolvimento	0.69	12.4	13	0	11.36	11.36
Março	1	Desenvolvimento	0.79	16.3	39.9	0	0	0
Março	2	Desenvolvimento	0.89	17.9	57	0	0	0
Março	3	Desenvolvimento	1.01	25.8	45.8	0	0	0
Abril	1	Desenvolvimento	1.12	30.1	29.1	1	7.67	7.67
Abril	2	Médio	1.17	34.8	19.9	15	0	0
Abril	3	Médio	1.17	38.8	21.5	17	17.04	17.04
Maio	1	Médio	1.17	42.9	23.8	19.1	34.08	34.08
Maio	2	Médio	1.17	46.9	23.9	22.9	34.08	34.08
Maio	3	Final	1.07	49.9	26.3	23.6	0	0
Junho	1	Final	0.9	40.1	32.4	7.7	17.04	8.52
Junho	2	Final	0.74	31.2	32.6	0	0	0
				428.7	427.7	125.8	143.99	135.47

Através da observação do Quadro 7, é possível comparar as dotações de rega, em termos de quantidade (mm), e também as datas da rega para verificar em que momentos a rega terá sido aplicada imediatamente antes do teor de água no solo «descer» do nível da reserva facilmente utilizável (RFU), pois quando baixa deste nível significa que o teor de água no solo não é suficiente para que as raízes das plantas possam extrair água facilmente do solo. Quando este fenómeno (teor de água no solo está abaixo da RFU) ocorre, a planta está em condições de stress hídrico.

Observa-se que no mês de Dezembro e no mês de Janeiro não houve necessidade de efetuar qualquer rega, pois nesta fase o coeficiente cultural (K_c) e o valor de evapotranspiração cultural (ET_c) são baixos e a precipitação efectiva que ocorreu neste período foi suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura nos três regimes hídricos.

No mês de Fevereiro o valor de ET_c da cultura aumentou, fruto da subida das temperaturas e do estado de desenvolvimento da cultura, o que significa que as necessidades hídricas também aumentaram.. Efetuou-se a primeira rega no 1º decêndio do mês de Fevereiro com uma dotação de 11,36 mm o suficiente para suprir as necessidades da cultura nesse período. No segundo decêndio deste mês, de acordo com o CROPWAT 8.0, a necessidade de rega foi de 13,8 mm tendo-se realizado, nos regimes de regadio, uma rega de 11,36 mm. No terceiro decêndio do mês de Fevereiro efectuou-se outra rega com a mesma dotação das duas anteriores a somar à precipitação efectiva ocorrida.

Durante todo o mês de Março a precipitação efectiva ocorrida foi suficiente para suprir as necessidades da cultura. Não se efectuou qualquer rega.

No mês de Abril a cultura atinge o valor máximo de K_c (1,17), valor que se mantém até ao início do período final do ciclo (maturação). Devido ao aumento da temperatura o valor de ET_c aumenta progressivamente e com ele as necessidades hídricas. Apesar de continuar a ocorrer precipitação não foi suficiente para assegurar o conforto hídrico da cultura, pelo que no 2º decêndio do mês as necessidades de rega aumentaram, havendo algum desajustamento temporal entre os períodos de necessidades em rega obtidos pelo «CROPWAT» e os efectivamente ocorridos. Durante este mês foram efetuadas duas regas, uma no 1º (7,67mm) e outra no 3º decêndio (17,04mm).

Maior foi o mês em que as necessidades de rega foram maiores. No 1º e 2º decêndio foram efetuadas regas com dotações de 34,08mm, nos dois regimes de regadio, 19,01 mm e 23,6mm respetivamente. No 3º decêndio não foi efetuada qualquer rega para suprir 23,6 mm de necessidades de rega, de acordo com o «CROPWAT». Pode-se concluir que as oportunidades e dotações de rega obtidas pelo «CROPWAT» e pelo «MOGRA» (programa similar ao «CROPWAT» utilizado pelo COTR), neste mês não coincidiram. Maio foi ainda o mês que o regime de sequeiro saiu mais «prejudicado» em relação aos regimes de regadio, embora tenha ocorrido alguma precipitação não foi o suficiente para suprir as necessidades da cultura.

Em Junho a cultura encontra-se no final do seu ciclo vegetativo, num período de maturação do grão, o que significa uma redução do valor de K_c e ET_c . A precipitação efetiva neste mês foi elevada e as necessidades de rega para alcançar o máximo potencial produtivo são de apenas 7,7mm no 1º decêndio, valor que conforme se observa no quadro, foi ultrapassado nos dois regimes de regadio.

A ocorrência de uma precipitação acima da média nos meses de Março, Abril, Maio e, conduziu a uma ligeira diferença de produção nos três regimes hídricos, que se terá sido atenuada em virtude da forma como a precipitação se distribuiu ao longo do ciclo.

4.2. Produção e componentes de produção

A análise de variância (ANOVA) para a produção de grão, corrigida para 12% de humidade, indica efeito significativo apenas do fator fertilização azotada, enquanto que para as componentes da produção, peso de 1000 grãos e número de grãos/m², se verifica efeito significativo dos dois factores de estudo, regime hídrico e fertilização azotada (Quadro 8). A interação regime hídrico × fertilização azotada não se revelou significativa para qualquer das variáveis, o que indica que o efeito da fertilização azotada não dependeu do regime hídrico.

Quadro 8 - ANOVA da produção de grão (kg/ha) corrigida para 12% de humidade, peso de 1000 grãos (g) e n° de grãos/m².

Origem da Variação	GL ^a	Produção de grão 12%H (kg/ha)		Peso 1000 grãos (g)		N° grãos/m ²	
		QM ^b	F	QM ^b	F	QM ^b	F
Regime hídrico (R)	2	3954546	6,5	114,77	38,02***	4,852*10 ⁷	12,03
Fertilização azotada (A)	7	517576	4,96***	4,70	3,78***	2630293	4,27***
R×A	14	142517	1,37	0,892	0,72	786337	1,28
Coef. Variação (CV)		4,62		2,43		5,13	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente

A análise por fator, mostra-nos que o regime hídrico R1-Rega 100 ETc ao longo do ciclo da cultura apresentou a média de produção de grão mais elevada (7286 kg/ha), embora com valor estatisticamente semelhante aos restantes regimes hídricos, R0-sequeiro e R2-Rega 100% ETc nas fases críticas, respectivamente com 7083 kg/ha e 6932 kg/ha (Quadro 9). Para este resultado poderá ter contribuído a ocorrência de precipitação ao longo do ciclo da cultura muito acima da média anual e também a sua regular distribuição, principalmente na fase final do ciclo, atenuando/eliminando as diferenças entre os distintos regimes hídricos.

Estes resultados apontam para a influência determinante da variabilidade climática típica do clima Mediterrânico do Sul de Portugal no rendimento agronómico do trigo mole. De facto, estudos anteriores semelhantes realizados em anos com escassez de precipitação nos meses de primavera, tal como se verificou em 2017, resultaram em efeito significativo da rega na produção de grão e suas componentes (Oliveira, 2018, Tomaz *et al.*, 2018 e Patanita *et al.*, 2019). O ano de 2018 caracterizou-se por uma distribuição vantajosa da precipitação, coincidente com as fases de emborrachamento e enchimento do grão, críticas na resposta produtiva da cultura.

Quadro 9 - Médias da produção de grão (kg/ha) corrigida para 12% de humidade, do peso de 1000 grãos (g) e do n° de grãos/m², por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Produção de grão 12% H (kg/ha)		Peso 1000 grãos (g)		Número de grãos/m²	
	Médias	Tuckey $\leq 0,05$	Médias	Tuckey $\leq 0,05$	Médias	Tuckey $\leq 0,05$
Regime hídrico						
R0	7083	a	43,82	c	16182	a
R1	7286	a	47,57	a	15814	ab
R2	6932	a	46,14	b	14583	b
Fertilização azotada						
A1	7378	a	45,72	ab	16158	a
A2	7337	a	45,51	ab	16145	a
A3	7244	ab	45,42	ab	15991	ab
A4	7091	abc	46,69	a	15236	ab
A5	6793	c	45,13	b	15091	b
A6	6999	abc	46,33	ab	15138	ab
A7	6873	bc	45,27	ab	15219	ab
A8	7089	abc	46,66	a	15242	ab
Média geral	7100		45,84		15527	
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de Tuckey.						

Em relação ao efeito da fertilização azotada, os tratamentos A1 e A2, ambos realizados com o fertilizante clássico Foskamónio 12-24-12, registaram as maiores produções de grão, respectivamente 7378 e 7337 kg/ha, embora estatisticamente diferentes apenas dos valores mais baixos obtidos nos tratamentos A5 e A7, respectivamente, 6793 e 6873 kg/ha. Estes tratamentos correspondem à aplicação única à sementeira de fertilizante com libertação controlada (Nergetic 20-8-10) e de fertilizante com inibidor da urease (Duramon Fuerza 20-5-5).

Os tratamentos de fertilização azotada A3 e A4, sendo estatisticamente semelhantes a A1 e A2, mostram a eficiência do fertilizante com inibidor de nitrificação (Entec 20-10-10), seja com aplicação à sementeira de 100% ou 50% do total de N. Também os fertilizantes de libertação controlada e com inibidor da urease aplicados na dose de 50% do N à sementeira, respectivamente A6 e A8, mostram valores idênticos aos dos tratamentos A1 e A2.

Quanto ao efeito da interação do regime hídrico com a fertilização azotada (Figura 19), embora não se tenha revelado significativa, o tratamento que apresentou maior produção de grão foi R1A2 (rega a 100% da ETc ao longo do ciclo cultural e fertilizante azotado clássico mais fraccionado) com o valor de 7809 kg/ha. Observa-se ainda na Figura 19, que todos os tratamentos do regime hídrico R2 apresentaram valores de produção de grão inferiores aos outros dois regimes hídricos, sendo que o valor mais baixo foi obtido no tratamento R2A5 (rega a 100% ETc nas fases críticas e fertilizante Nergetic com aplicação única à sementeira) com 6700 kg/ha.

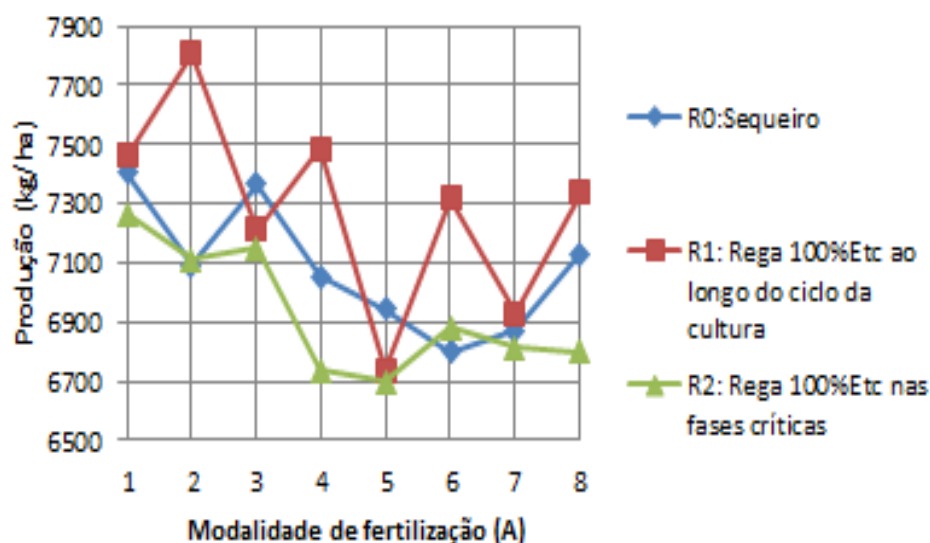


Figura 19 - Produção (kg/ha) por regime hídrico × fertilização azotada.

O efeito do regime hídrico sobre as principais componentes da produção (peso de 1000 grãos e nº de grãos/m²) parece ser mais forte sobre o peso de 1000 grãos, já que os valores obtidos são estatisticamente distintos para as três modalidades, com vantagem para R1 (47,57 g), seguida de R2 (46,14 g), tendo-se registado o valor mais baixo em R0 (43,82 g) (Quadro 9). Estes valores parecem revelar a importância da rega no período de enchimento do grão, tal como referem Almeida *et al.*, (2017) e Tomaz *et al.*, (2018), beneficiando os regimes de regadio em relação ao regime de sequeiro, que apresentou valores significativamente inferiores.

No que respeita ao efeito da fertilização azotada no peso do grão, embora significativo, a diferença entre tratamentos é muito pequena. O teste de comparação de médias (Tukey para $p \leq 0,05$) apenas separa o tratamento A5, que apresentou o valor de peso de 1000 grãos mais baixo (45,13 g), dos dois tratamentos que apresentaram valores mais elevados, A4 e A8, com 46,69 g e 46,67 g, respetivamente.

Na Figura 20 onde se apresenta a interação entre o regime hídrico e a fertilização azotada, observa-se claramente que o regime de sequeiro, R0, apresenta valores de peso

de 1000 grãos bastante inferiores aos obtidos nos regimes hídricos de regadio para todos os tratamentos de fertilização azotada, sendo que o valor mais elevado foi registado em R2A8 com 48,88 g. Os resultados obtidos estão de acordo com Oliveira (2012) quando refere que o peso do grão, expresso em peso de 1000 grãos (g), permite estudar a influência dos tratamentos realizados na cultura bem como a influência das condições climáticas, particularmente no período de enchimento do grão.

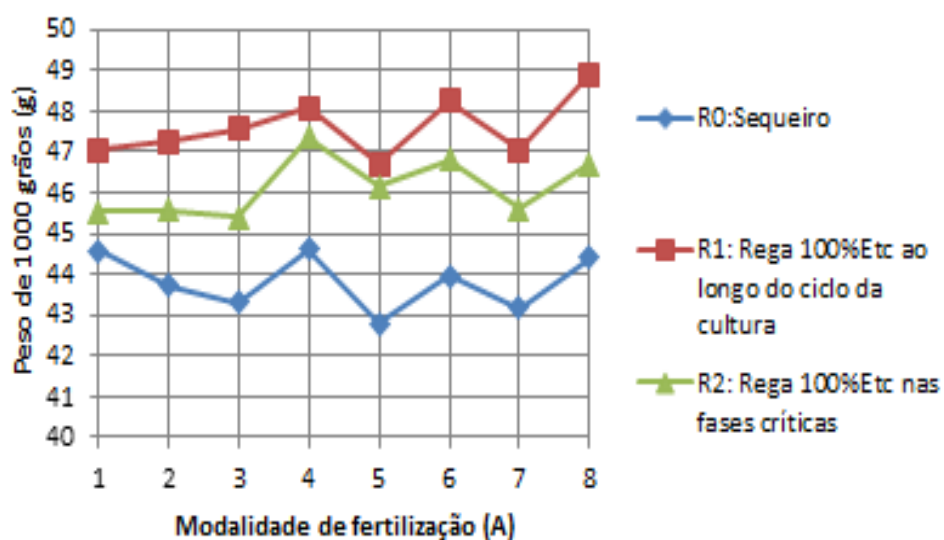


Figura 20 – Peso de 1000 grãos (g) por regime hídrico × fertilização azotada.

Quanto à componente nº de grãos/m², o regime hídrico separa apenas os valores de R0 (16182 g) de R2 (14583 g). Os tratamentos com maior produção de grão foram os que registaram também maior nº de grão/m² (Quadro 9), o que revela a importância desta componente na formação da produção, comprovada pela elevada e significativa correlação (Anexos) entre estas variáveis ($r=0,824$; $p\leq 0,001$). Por outro lado, o efeito da fertilização azotada é muito semelhante ao referido para o peso de 1000 grãos, uma vez que separa os dois tratamentos como valores mais elevados (A1 com 16148 e A2 com 16145 g) do tratamento com valores mais baixos, que volta a ser A5 com 15091 grãos/m².

Observa-se na Figura 21 o efeito conjunto do regime hídrico com a fertilização azotada, onde se pode verificar que o nº de grãos/m² é inferior no regime R2 para todos os tratamentos de fertilização azotada em comparação com o regime R0 e R1. O tratamento que apresentou maior nº de grãos/m² foi o R1A2 com 17144 grãos/m².

A análise conjunta das Figuras 20 e 21 mostra claramente a relação negativa entre as componentes da produção, expressa no negativo e significativo coeficiente de correlação, $r=0,648$, $p\leq 0,001$ (Anexos). Esta relação está de acordo com o obtido noutros estudos realizados por Maçãs (1996), Patanita (1997, 2007 e 2016) e Calado *et al.*, (2008) e associa-se à relação compensatória que se estabelece entre estas componentes devido à sua formação em etapas sequenciais do desenvolvimento da cultura.

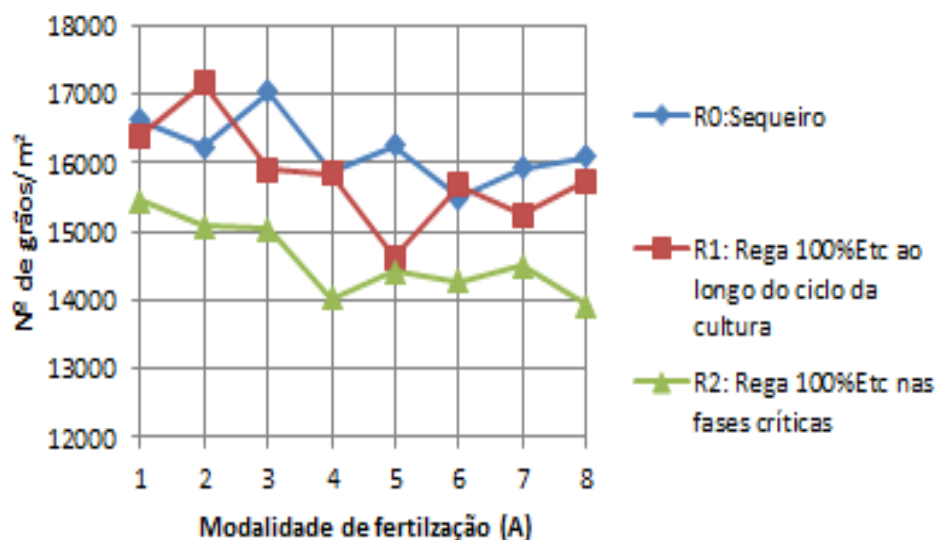


Figura 21 - Efeito do regime hídrico × fertilização no nº de grãos/m².

4.3. Qualidade tecnológica

4.3.1. Massa do hectolitro e teor de proteína do grão

A ANOVA da massa do hectolitro revelou diferenças significativas apenas para o fator fertilização azotada, enquanto que o teor de proteína mostrou efeito significativo da fertilização azotada e da interação regime hídrico × fertilização azotada, pelo que a influência desta dependeu do regime hídrico (Quadro 10).

Quadro 10 - ANOVA da massa do hectolitro (kg/hl) e proteína (% MS).

Origem da Variação	GL ^a	Massa hectolitro (kg/hl)		Teor de proteína do grão (% MS)	
		QM ^b	F	QM ^b	F
Regime hídrico (R)	2	1,42	2,58	4,86	1,97
Fertilização azotada (A)	7	1,11	2,36*	5,49	33,28*
R×A	14	0,45	0,95	0,59	3,61***
Coef. Variação (CV)		0,85		3,18	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente

Independentemente do regime hídrico, a massa do hectolitro registou cerca de 81,0 kg/hl, valor elevado, sinal de boa formação do grão e acumulação de nutrientes (Costa *et al.*, 2015). Embora a ANOVA indique efeito significativo ($p \leq 0,05$) da fertilização azotada, o teste de comparação de médias Tukey para $p \leq 0,05$ não as separa, variando os valores entre 81,6 e 80,8, respectivamente, para os tratamentos A2 e A6.

Através da análise da Figura 22 podemos verificar que a combinação que apresentou maior massa do hectolitro foi R0A1 (82,0 kg/hl), enquanto que o valor mais baixo se obteve em R2A8 (80,2 kg/hl). Assim, todos os valores se encontram entre 80 e 83 kg/hl, pelo que, de acordo com Guarient (2016), o trigo é classificado como «muito pesado».

Quadro 11 - Médias da massa do hectolitro (kg/hl) e da proteína (% MS), por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Massa hectolitro (kg/hl)		Teor de proteína do grão (% MS)	
	Médias	Tuckey $\leq 0,05$	Médias	Tuckey $\leq 0,05$
Regime hídrico				
R0	81,3	a	13,18	a
R1	81,1	a	12,40	a
R2	81	a	12,74	a
Fertilização azotada				
A1	81,6	a	12,47	cd
A2	81,6	a	12,96	bc
A3	80,9	a	12,34	de
A4	81,2	a	13,56	a
A5	81,2	a	11,97	de
A6	80,8	a	13,48	ab
A7	80,8	a	11,95	e
A8	81,1	a	13,45	ab
Média geral	81,1		12,77	
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de Tuckey.				

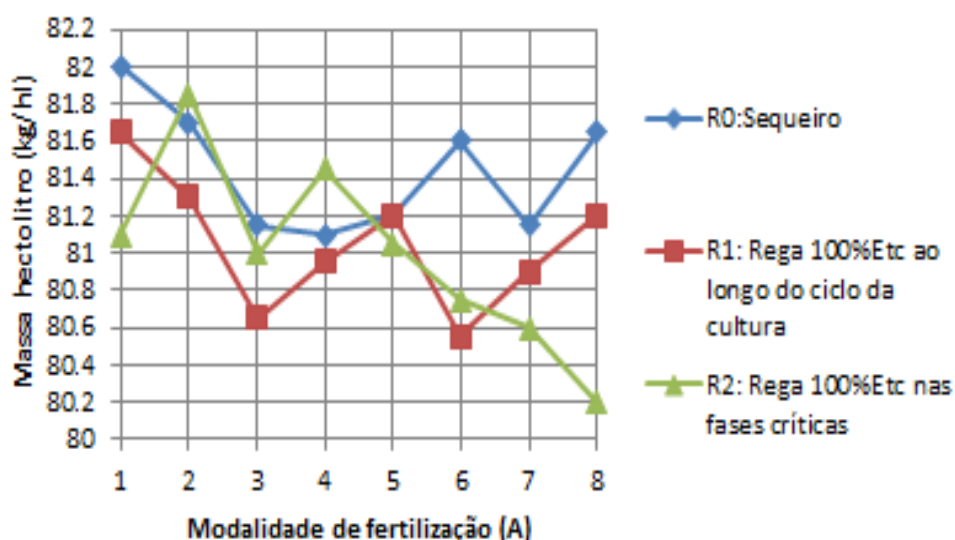


Figura 22 - Massa do hectolitro (kg/hl) por regime hídrico × fertilização azotada.

O teor de proteína do grão é uma característica habitualmente influenciada pelas condições ambientais e técnicas culturais, nomeadamente pela dose e fraccionamento da fertilização azotada. Nos resultados que obtivemos este foi o fator que mostrou forte e significativa influência no valor de proteína do grão. Os tratamentos que conduziram a maiores teores de proteína no grão e estatisticamente semelhantes foram A4 (13,56%), A6 (13,48%) e A8 (13,45%), sendo que este valor foi idêntico ao registado em A2 (12,97%) (Quadro 11). A4, A6 e A8 dizem respeito aos fertilizantes específicos e têm em comum a aplicação de 50% do azoto numa fase avançada do seu ciclo vegetativo (emborrachamento), o que prova que aplicações de azoto tardias, tal como referem Patanita *et al.*, (2018) e Tomaz *et al.*, (2018) promovem o aumento de proteína do grão, em relação a aplicações da mesma quantidade de azoto mas em fases mais precoces do ciclo da cultura. O tratamento A2, com aplicação de 25% do N ao encanamento e ao emborrachamento, corresponde à aplicação do fertilizante azotado fraccionado em quatro fases. Os teores de proteínas mais baixos obtiveram-se em A3 (12,34%), A5 (11,98%) e A7 (11,95%), tratamentos com fertilizantes específicos e com a totalidade do N aplicado à sementeira.

A ausência de efeito do regime hídrico na proteína do grão estará certamente ligada à distribuição da precipitação na primavera, que eliminou as diferenças entre as modalidades de rega. De facto, não atingiu 1% a diferença entre o valor mais alto registado em R0 com 13,18% e o mais baixo obtido em R1 com 12,41% (Quadro 11).

O efeito da interação regime hídrico × fertilização azotada evidenciou-se particularmente no tratamento A2, que foi prejudicado em R2 relativamente aos tratamentos A4, A6 e A8, apresentando neste regime hídrico valor estatisticamente mais baixo (12,93%). O regime hídrico R2 foi também aquele que conduziu a maior heterogeneidade e diferenciação nos tratamentos de fertilização azotada, com A4 a apresentar o valor mais elevado no ensaio (13,92%) e A7 o valor mais baixo (11,41%). De salientar que nenhum dos tratamentos atingiu o mínimo de 14% de proteína, valor

indicado para a classificação como trigo «Melhorador» e alguns não chegaram a 12,5% para a classificação como trigo «Semi-corretor», de acordo com as especificações da LVR.

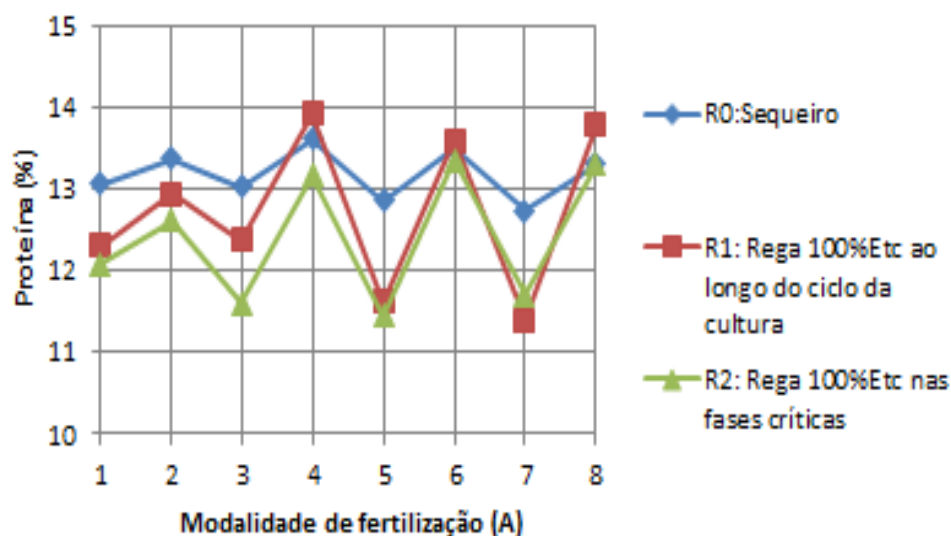


Figura 23 - Proteína (% MS) por regime hídrico × fertilização azotada.

4.3.2. Índice de queda, glúten húmido e glúten seco

A ANOVA (Quadro 12), realizada para o índice de queda (IQ) revelou efeito significativo dos fatores em estudo, regime hídrico e fertilização azotada. Quanto ao teor de glúten húmido e glúten seco, verificou-se efeito significativo da fertilização azotada e da interação regime hídrico × fertilização azotada (Quadro 12).

Quadro 12 - ANOVA do índice de queda (seg), do glúten húmido (% MS) e do glúten seco (% MS).

Origem da Variação	GL ^a	Índice de queda (seg)		Glúten Húmido (%MS)		Glúten seco (%MS)	
		QM ^b	F	QM ^b	F	QM ^b	F
Regime hídrico (R)	2	2900,2	14,1***	18,56	1,1	3,64	1,92
Fertilização azotada (A)	7	1527,36	3,69**	42,98	34,27***	5,39	35,69***
R×A	14	474,4	1,15	6,71	5,35***	0,77	5,13***
Coef. Variação (CV)		5,96		4,27		4,15	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente

A influência dos fatores de estudo no IQ foi relativamente pequena. Em relação ao regime hídrico, R0 registou o valor mais elevado (352 segundos), estatisticamente diferente dos obtidos em R1 e R2, respetivamente, 336 e 335 segundos (Quadro 13). A fertilização azotada conduziu à obtenção de valores mais elevados em A1 e A5, ambos com 357 segundos e estatisticamente diferentes dos restantes (Quadro 13). De salientar que os valores ideais de IQ, de acordo com Valadas (1995), se deverão situar entre 200 e 300 segundos e, de acordo com as especificações da LVR, acima de 260 segundos. Todos os valores obtidos estão um pouco acima dos 300 segundos (média do ensaio de 341 segundos), consequentemente acima dos 260 segundos. Todavia, estes resultados não são particularmente negativos, indicando que a atividade amilásica é baixa, a qual pode ser facilmente corrigida durante o processo de fabrico do pão.

Quadro 13 - Médias do índice de queda (seg), do glúten húmido (% MS) e do glúten seco (% MS), por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Índice de queda (seg)		Glúten húmido (%MS)		Glúten seco (%MS)	
	Médias	Tuckey $\leq 0,05$	Médias	Tuckey $\leq 0,05$	Médias	Tuckey $\leq 0,05$
Regime hídrico						
R0	352	a	27	a	9,7	a
R1	336	b	25,5	a	9,1	a
R2	335	b	26	a	9,3	a
Fertilização azotada						
A1	357	a	25,7	cd	9,1	cd
A2	342	ab	26,6	bc	9,5	bc
A3	334	ab	24,7	de	8,9	d
A4	339	ab	28,7	a	10,2	a
A5	357	a	24,7	de	8,7	de
A6	337	ab	28	a	10	ab
A7	324	b	23,5	e	8,3	e
A8	339	ab	27,9	ab	9,9	b
Média geral	341		26,2		9,34	
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de Tuckey.						

Analisando os valores da interação regime hídrico \times fertilização azotada, o valor de IQ mais alto obteve-se em R0A5 e o mais baixo em R1A7, respetivamente com 367 e 305 segundos (Figura 24).

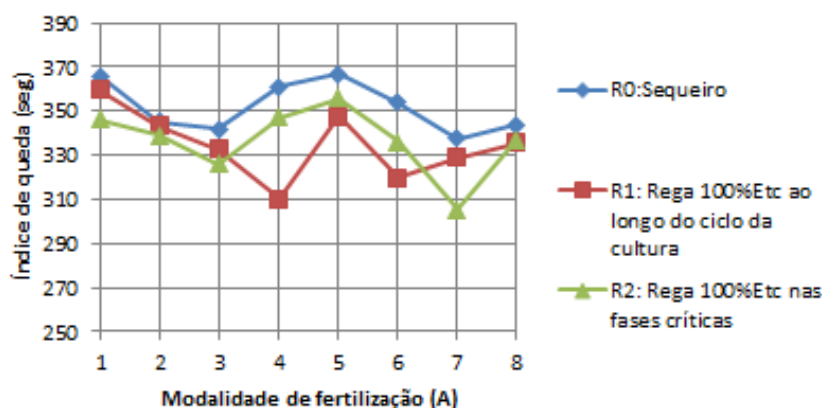


Figura 24 - Índice de queda (seg) por regime hídrico \times fertilização azotada.

O comportamento do teor de glúten húmido e glúten seco foi concordante ao do teor de proteína. O regime hídrico não influenciou o teor de glúten, tendo-se registado valores muito próximos para as três modalidades. No glúten húmido os valores foram 27,0, 26,2 e 25,5% e no glúten seco 9,7, 9,3 e 9,1%, respetivamente para R0, R2 e R1.

Embora com influência no teor de glúten, a fertilização azotada não conduziu a grandes diferenças entre os tratamentos em estudo. À semelhança do que se verificou para o teor de proteína, os valores mais elevados de glúten foram obtidos nos tratamentos de fertilizantes específicos com 50% do azoto aplicado ao emborrachamento (A4, A6 e A8), os quais ficaram aquém dos valores indicados na LVR para trigos «Melhoradores» (32% no glúten húmido e 12% no glúten seco). Também, da mesma forma que para o teor de proteína, os tratamentos em que se efetuou a aplicação de todo o azoto à sementeira (A3, A5, A7) apresentaram os valores mais baixos de glúten húmido e glúten seco. Esta relação estreita entre o teor de proteína e de glúten expressa-se de forma clara nos elevados e significativos coeficientes de correlação entre a proteína e o glúten húmido e o glúten seco, respetivamente $r=0,896$ e $r=0,919$, com $p \leq 0,001$ (Anexos). Estes resultados estão de acordo com o referido por Poblaciones (2007), Bagulho (2008) e Costa *et al.*, (2017).

Observando as Figuras 25 e 26 que correspondem à interação entre o regime hídrico e a fertilização azotada para o glúten húmido e glúten seco respetivamente, verifica-se que o comportamento dos tratamentos da fertilização azotada é idêntico nos vários regimes hídricos. No entanto, A2 em R0 foi estatisticamente semelhante a A4, A6 e A8, enquanto que em R1 e R2 foi distinto. O tratamento com maior valor de glúten foi o R2A4, com 29,9% glúten húmido e 10,5% glúten seco. O tratamento com o valor mais baixo de glúten foi o R2A7 com 21,4% glúten húmido e 7,3% glúten seco.

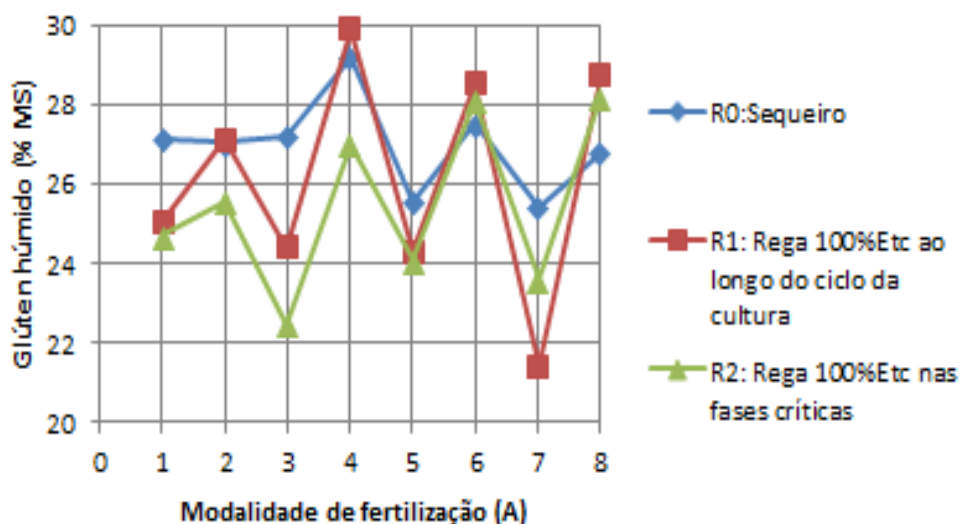


Figura 25 - Glúten húmido (% MS) por regime hídrico × fertilização azotada.

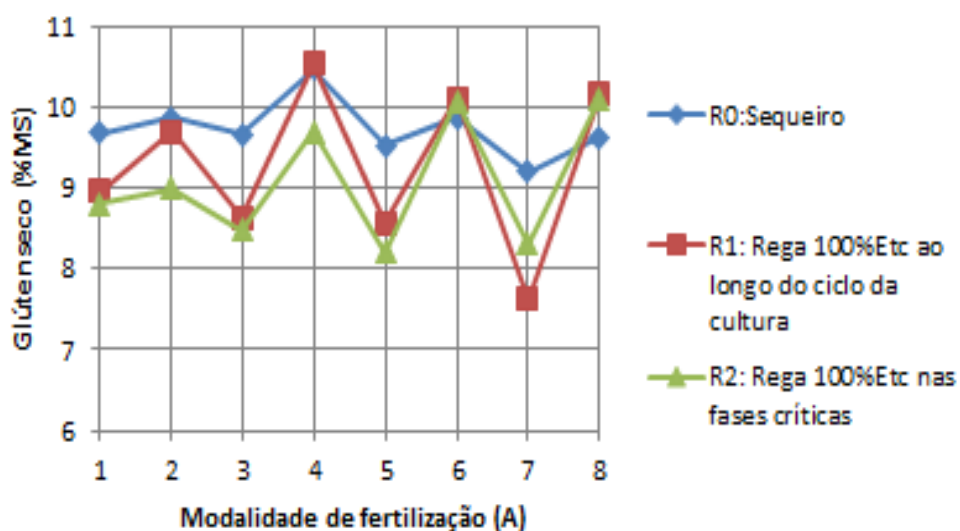


Figura 26 - Glúten seco (% MS) por regime hídrico × fertilização azotada.

4.3.3. Alveograma de Chopin

Na ANOVA realizada para os parâmetros alveográficos, equilíbrio da massa (P/L) e força da massa (W), verifica-se que não houve efeito significativo do regime hídrico, mas, pelo contrário, a fertilização azotada influenciou os dois parâmetros. Quanto à interação entre os dois fatores, regime hídrico e fertilização azotada, o seu efeito apenas se manifestou na força da massa (Quadro 14).

Quadro 14– ANOVA do equilíbrio da massa - P/L e da força da massa -W (10⁻⁴ Joules).

Origem da Variação	GL ^a	Equilíbrio da massa (P/L)		Força da massa - W (10 ⁻⁴ Joules)	
		QM ^b	F	QM ^b	F
Regime hídrico (R)	2	0,14	1,04	5605,79	1,39
Fertilização azotada (A)	7	0,09	4,15***	5320,02	0,00***
R×A	14	0,29	1,31	877,91	2,37**
Coef. Variação (CV)		14,57		6,72	

^aGraus de Liberdade; ^bQuadrados Médios

*, **, *** significativo para 0,05; 0,01 e 0,001 respetivamente

A influência da fertilização azotada no equilíbrio da massa (P/L) foi reduzida, pois apenas se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os valores mais altos obtidos em A7 e A3 (1,15 e 1,12, respetivamente) e o mais baixo e mais equilibrado para panificação em A4 (0,87). Este valor foi estatisticamente semelhante até 1,04, obtido em A2. Os tratamentos com fertilizantes específicos e fraccionados (A4, A6 e A8) conduziram aos valores mais adequados para a utilização industrial, dentro do intervalo referido na LVR (0,5 a 1,0) e que são concordantes com os teores de glúten mais elevados.

Quadro 15 - Médias de P/L (%) e de W (10^{-4} Joules), por regime hídrico e fertilização azotada e teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	P/L		W (10^{-4} Joules)	
	Médias	Tuckey $\leq 0,05$	Médias	Tuckey $\leq 0,05$
Regime hídrico				
R0	0,95	a	302	a
R1	1,04	a	279	a
R2	1,07	a	280	a
Fertilização azotada				
A1	1,02	ab	284	bcd
A2	1,04	ab	304	ab
A3	1,12	a	276	cde
A4	0,87	b	301	ab
A5	1,03	ab	262	de
A6	0,97	ab	294	abc
A7	1,14	a	257	e
A8	0,97	ab	316	a
Média geral	1,02		287	
Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas para $p \leq 0,05$, entre os níveis de cada fator de estudo, de acordo com o teste de Tuckey.				

Embora sem diferenças estatisticamente significativas para os restantes, o regime hídrico R0 proporcionou o maior valor de força da massa (W) com 302×10^{-4} J, valor este que ao situar-se acima de 300×10^{-4} J permite a classificação do lote como «Melhorador».

A fertilização azotada influenciou claramente a força da massa, tendo-se obtido os valores de W mais elevados, acima de 300×10^{-4} J, nos tratamentos A8, A2, A4, respetivamente, 316, 304 e 303×10^{-4} J, estatisticamente semelhantes ao valor de 294×10^{-4} J obtido em A6. Estes tratamentos correspondem aos fracionamentos de azoto com aplicações na fase do emborrachamento, o que indica vantagem desta estratégia para promoção da qualidade tecnológica do grão, tal como foi referido por Poblaciones (2007), Bagulho (2008), Costa *et al.*, (2017), Patanita *et al.*, (2018) e Tomaz *et al.*, (2018).

Com base nestes resultados podemos afirmar que a aplicação total do azoto numa fase precoce (sementeira), mesmo com a aplicação de fertilizantes específicos

(com inibidores da nitrificação, de liberação lenta e com inibidor da urease) pode resultar em valores de força alveográfica inferiores em relação à aplicação de azoto de forma fraccionada ao longo do ciclo da cultura.

O efeito da interação regime hídrico × fertilização azotada traduz-se no comportamento diferenciado dos tratamentos A8, A6, A4 e A2 em função do regime hídrico. Enquanto em R0 estes tratamentos apresentaram valores semelhantes aos restantes, nos regimes hídricos com rega registaram valores estatisticamente diferentes dos restantes e idênticos entre si, sendo que os valores mais interessantes foram obtidos no regime R2.

Observando a representação gráfica da interação entre os fatores de estudo (Figura 27), verifica-se alguma dispersão nos valores de força da massa. O maior valor obteve-se no tratamento R1A8 (324×10^{-4} Joules) e o menor no tratamento R2A7 (254×10^{-4} Joules).

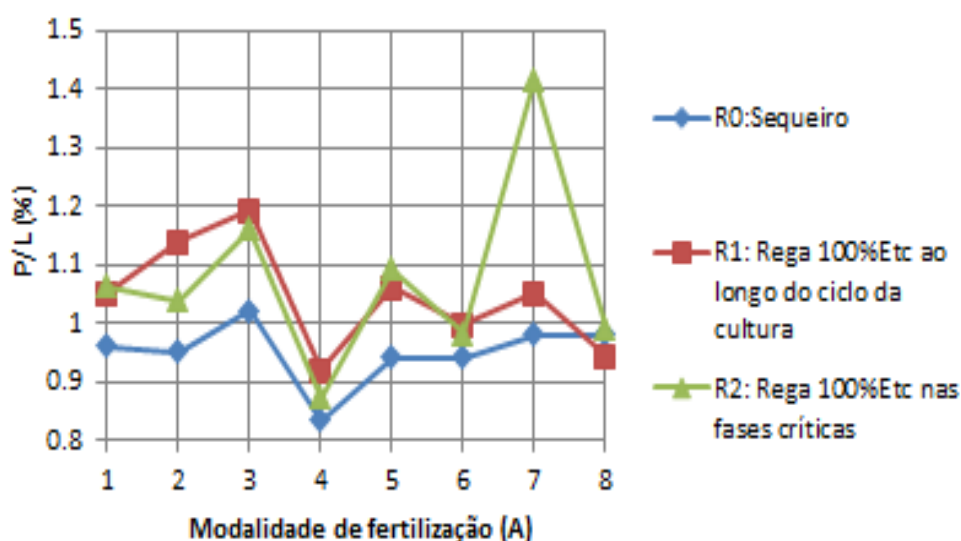


Figura 27 - P/L (%) por regime hídrico × fertilização azotada.

A força da massa (W) e o equilíbrio da massa (relação P/L) são fundamentais para a indústria moageira fazer o cálculo das misturas (loteamento) dos trigos, de forma a obter farinhas com características adequadas. Desta forma justifica-se a análise conjunta destas características. A correlação testada entre P/L e W indica uma relação significativa negativa ($R=-0,547$; $p\leq 0,001$), ou seja, a valores altos de W correspondem relações P/L baixas. Esta relação vai de encontro ao desejado pelo indústria, concretamente, massas fortes (W elevado) e equilibradas (P/L baixo).

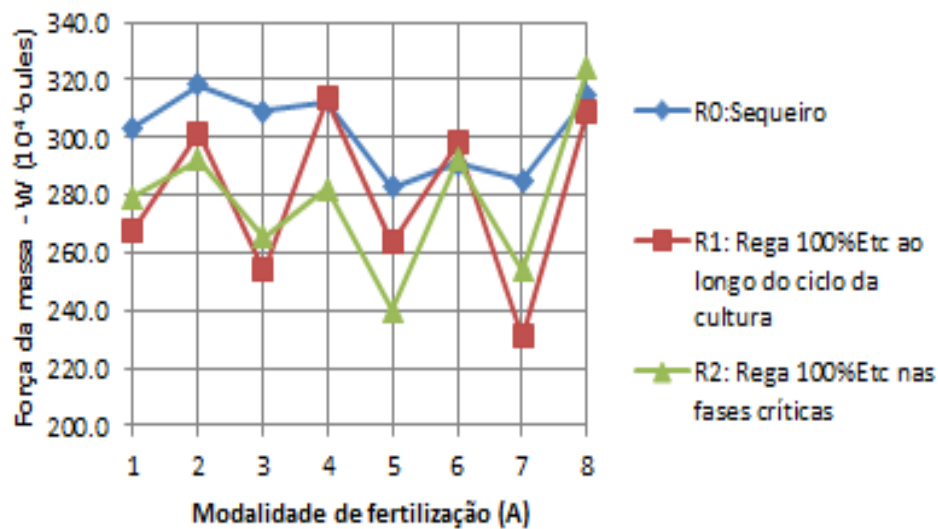


Figura 28 - W (10^4 joules) por regime hídrico \times fertilização azotada.

4.4.Considerações finais

A distribuição da precipitação durante o ano agrícola 2017/18 foi bastante irregular e atípica:

- no período entre Dezembro de 2017 e finais de Fevereiro de 2018, a precipitação foi escassa, tendo havido a necessidade de regar muito cedo, ainda no mês de Fevereiro;

- a partir de Fevereiro iniciou-se um período continuado de chuvas que totalizaram valores acima do normal para a época e distribuídas de forma que, nas fases consideradas críticas da cultura, a quantidade de água disponível foi quase suficiente para fazer face às suas necessidades hídricas. As regas subsequentes tiveram lugar essencialmente no início de abril (na fase de emborrachamento).

A disponibilidade de água no solo proporcionada pela distribuição da precipitação na Primavera levou a que não fosse possível uma verdadeira diferenciação entre os volumes e datas de rega nas duas modalidades de rega, R1 e R2, respectivamente, rega 100% ETc ao longo do ciclo da cultura e rega 100% ETc nas fases críticas da cultura. Os volumes totais de rega aplicados ao longo do ciclo de crescimento diferenciaram-se apenas em 90 m³/ha, 1440 m³/ha e 1350 m³/ha, nas modalidades de rega R1 e R2, respectivamente, distribuídos em 10 aplicações, com início em 3 de fevereiro e final em 2 de junho.

O regime hídrico não influenciou a produção de grão nem as características de qualidade tecnológica avaliadas, com destaque para o teor de proteína, teor de glúten, equilíbrio e força da massa (relação P/L e W).

A produção de grão registou valores de 7286, 7083 e 6932 kg/ha, respectivamente, em R1, R0 (sequeiro) e R2. Para estes valores o contributo do número de grãos/m² foi claramente superior ao do peso do grão, ambas as componentes influenciadas pelo regime hídrico. Em R0 obteve-se o maior número de grãos/m² (16182) e o menor peso do grão (43,82 g), enquanto que em R2 se registou o menor número de grãos/m² (14583) e o maior peso do grão (47,57 g), o que está de acordo com a relação compensatória entre as componentes da produção, corroborada pela negativa e significativa correlação entre elas ($r=-0,648$; $p\leq 0,001$).

As características de qualidade, embora não influenciadas pelo regime hídrico, tiveram comportamento distinto quando comparamos os valores obtidos com as especificações dos trigos de qualidade no âmbito da LVR. O teor de proteína do grão, que variou entre 13,18% e 12,41%, respectivamente em R0 e R1, ficou aquém dos valores de referência para trigos «Melhoradores» (14%). Também o teor de glúten húmido e glúten seco não atingiu os valores indicados para trigos “Melhoradores e “Semi-corretores”. No entanto, o equilíbrio (P/L) e a força da massa (W), respectivamente, com valores de 0,95 (R0) a 1,08 (R2) e de 279×10^{-4} J (R1) a 302×10^{-4}

J (R0), atingiram ou aproximaram-se dos valores de referência (0,5 a 1,0 para P/L e mínimo de 300×10^{-4} J para W).

A fertilização azotada foi o fator que influenciou significativamente a maioria das características analisadas, nomeadamente a produção de grão e suas componentes, bem como as características de qualidade (teor de proteína, índice de queda, teor de glúten, equilíbrio e força da massa).

Na produção de grão, embora os valores mais elevados tenham sido obtidos nos dois tratamentos com fertilizantes clássicos (A1 e A2), esses valores apenas diferiram significativamente dos registados com a aplicação única à sementeira de fertilizantes com inibidor da urease e com nutriente protegido (libertação controlada), respectivamente A7 e A5. O número de grãos/m² exibiu idêntico comportamento ao da produção de grão, comprovado pela elevada e significativa correlação entre si ($r=0,824$; $p<0,001$). O peso do grão, avaliado através do peso de 1000 grãos, foi pouco influenciado pela fertilização azotada, tendo-se obtidos valores mais elevados em A4, A8 e A6, respectivamente 46,69, 46,66 e 46,33 g, os quais só foram estatisticamente diferentes do valor mais baixo registado em A5 (45,13 g).

O teor de proteína e o teor de glúten, húmido e seco, mostraram a mesma tendência. Os tratamentos A4, A6 e A8 que correspondem à aplicação de 50% do N com adubos específicos em fundo e 50% do N em cobertura ao emborrachamento, conduziram aos valores mais elevados. Por outro lado, os tratamentos A3, A5 e A7, adubos específicos com aplicação única à sementeira do total de N, registaram os valores mais baixos.

O equilíbrio (P/L) e a força da massa (W) relacionaram-se de forma negativa, o que do ponto de vista da qualidade tecnológica, foi interessante. Aos valores mais elevados de W, obtidos nos tratamentos A2, A4, A6 e A8, respectivamente, 304, 303, 294 e 316×10^{-4} J, que correspondem aos tratamentos fraccionados com aplicação de 25% e 50% de N ao emborrachamento, associaram-se os valores mais equilibrados de P/L, respectivamente, 1,04, 0,87, 0,97 e 0,97.

O efeito da interacção regime hídrico \times fertilização azotada foi significativo apenas para características de qualidade (teor de proteína e de glúten e força da massa), traduzindo-se no comportamento diferenciado dos fraccionamentos com aplicação de N ao emborrachamento, nos vários regimes hídricos em estudo.

Os resultados obtidos parecem indicar a vantagem da aplicação de fertilizantes azotados específicos com 50% da dose à sementeira e a aplicação do restante N em cobertura ao emborrachamento com adubos clássicos, particularmente para as características que avaliam a qualidade tecnológica do grão. A ausência de efeito do regime hídrico aponta para a influência determinante da variabilidade climática típica do clima Mediterrânico do Sul de Portugal no rendimento agronómico do trigo mole e na sua qualidade para a indústria. Desta forma, justifica-se a realização de ensaios de campo multianuais e multilocais para maior robustez de resultados.

Capítulo 5 - Bibliografia

- Acevedo, E.; Silva, P.; Silva, H. (2002) - Wheat growth and physiologic. FAO Plant Production and Protecion. 70pp.
- Albuquerque, P.; Junior., A; Souza., F; Sedyama., G; Bezerra., J; Silveira., L. (2001) – coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. 50-55 pp.
- Allen, R.; Raes., D.; Smith., M.; Pereira., L. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. 277 pp.
- Albrizio, R.; Todorovic, M.; Matic, T.; Stellaci, A. (2010). Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barely growth in a mediterranean environment fields crops. 190pp.
- Almeida, A.,S., Coutinho, J., Gomes, C., Pinheiro, N., Bagulho, A.,S., Costa, A., Coco, J., Maças, B. (2017). Trigo mole e trigo duro – A valorização da aplicação de regas suplementares. *Grandes Culturas*, 9: 16-19.
- Bagulho, A. (2008) – Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas de farinha de trigo mole. Tese apresentada para obtenção do grau de doutor nos ramos de engenharia agro-industrial, Lisboa.
- Barreiros, L. (2018) – Estratégia nacional para promoção de cereais, 9º colóquio nacional do milho, 2018.
- Barros, C.; Calado, G. (2011) – Texto de apoio para as unidades curriculares de sistemas e tecnologias agro-pecuários, tecnologia do solo e noções básicas de agricultura. Universidade de Évora.
- Bellido, L. (1991) – Cereales. Cultivos Herbáceos 1. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 538pp.
- Boteta, L. (2013). Gestão da Rega do Trigo. *Grandes culturas* 1: 18-21.
- Brites, M. (1992) – Caracterização químico-tecnológica das variedades nacionais de trigo mole. 88pp.
- Calado, J., Basch, G, Carvalho, M. (2008) - Efeito da data de sementeira na produtividade de trigo mole (*Triticum aestivum* L.) em condições mediterrânicas. *Ciências Agrárias*, 31 (1): 44-56.

- Cardoso, C. (1965) - Os solos de Portugal - A sua classificação, caracterização e génese. A Sul do Rio Tejo. volume I. Direcção - Geral dos Serviços Agrícolas da Secretária de Estado da Agricultura, pp. 160 - 165.
- Carvalho, M.; Bach, G.; Alpendre, D.; Brandão, M.; Santos, F. (2016) – A adubação azotada do trigo em sequeiro: O problema da sua ineficiência, Universidade de Évora, ICAN.
- Costa, N.; Patanita, M. (2015) – Qualidade dos trigos (Parte I/III). Avaliação da qualidade no trigo mole. Grandes Culturas 5. 5-9pp.
- Costa, N.M.; Bagulho, A.; Patanita, M. (2017) – Qualidade dos trigos (Parte III/III). Fatores que afectam a qualidade dos trigos. Grandes Culturas 9: 11-15pp.
- COTR (2018) – Dados meteorológicos e dados referentes á monitorização do teor de água no solo.
- Dias, P. (2003) – Guia de rega 1.8 (Monitorização da água no solo, sonda Profile Probe PR1). 35pp.
- Feio, M. (1989) – Influencia dos fatores climáticos no teor de proteína do trigo. Tecnologias Agrárias, revista de resumos Vol.2, nº1. 12pp.
- Feio, M. (1991) – Clima e Aricultura, Pescas e alimentação, Lisboa. 123pp.
- GPP (2016) – Equilíbrio da balança alimentar, fator de sustentabilidade da economia nacional, o caso dos cereais. Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral. Lisboa.
- Garcia, R., Macmaney, M., Vega, A. (1992) – Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimieto de três cultivares de trigo. Pergamino: INTA-E.E.A.
- Guerreiro, I. (2015) – Apontamento das aulas teóricas da disciplina de nutrição vegetal. Escola Superior Agrária de Beja.
- Genvce (2011) – Catálogo trigo mole Antequera.
- INIAV (2014) – Manual das boas práticas em ambiente mediterrânico. Trigo Mole e Trigo Duro. INIAV-Elvas & ANPOC. 65-66pp.
- INIAV-Elvas., IPBeja-ESA., ANPOC - (2018). Relatório da Lista de variedades recomendadas. Dia de Campo 2018. Quinta da Saúde – Beja, 30 abril de 2018.
- Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift. volume 15. n.º 3. 259 – 263pp.

- Maças, B. (1996) – Definição de critérios de selecção de Trigo mole (*Triticum aestivum* L.) para as condições do ambiente mediterrânico do Sul de Portugal. *Dissertação apresentada no Instituto Nacional de Investigação Agrária para efeitos de concurso para Investigador Auxiliar*. INIA, ENMP, Elvas.
- Martinho, M.J.P.C. (1985) – Contribuição para o estudo e caracterização das farinhas. Relatório de estágio do curso de Engenharia Agro-Industrial, Lisboa. 71pp.
- Oliveira, I.; Nunes, F. (2003)- Guia de rega 1.6 (Monitorização de água no solo, sonda Enviroscan). 39pp.
- Oliveira, P. (2017). Contribuição para o estudo do efeito da rega e da fertilização azotada na produção de trigo mole. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Agronomia. Instituto Politécnico de Beja, Beja.
- Oliveira, S. (2012) – Stress térmico em plantas de trigo. Alterações na composição do grão. Dissertação para obtenção do grau de mestre em tecnologia e segurança alimentar. Universidade Nova de Lisboa.
- Patanita, M (1997) – Avaliação de genótipos de trigo mole (*Triticum aestivum* L.) em dosi sistemas de mobilização do solo. *Dissertação do Curso de Mestrado em Melhoramento de Plantas*, Universidade de Évora. Évora. 190p.
- Patanita, M. (2007) – Fertilización nitrogenada de la cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L. spp. *distichum*) en regadio. *Tesis Doctoral*. Universidade de Córdoba. Córdoba, 214p.
- Patanita, M., Palma, J., Penacho, J. (2016) – Apontamentos das aulas teóricas da disciplina de culturas arvenses. Escola Superior Agrária de Beja.
- Patanita, M., Dôres, J., Costa, M.N., Rosa, E., Martins, P. Ferro Palma, J., Tomaz, A., Espada, R., Boteta, L., Costa, A.R., Pinheiro, N., Gomes, C., Bagulho, A.S., Almeida, A.S., Coutinho, J., Coco, J., Costa, A., Maças, B. (2018). Otimização da aplicação de fertilização azotada em trigos melhoradores. *Voz do Campo*, 216: 38-39.
- Patanita, M., Tomaz, A., Dôres, J. (2019). Ainda a rega dos cereais de sementeira outono-invernal. *Agrotec* 30: 60-61.
- Pinheiro, N. (2018). Fenologia e componentes da produção. Formação Técnica para Produção de Cereais de Outono/Inverno. Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, Elvas, 14 de novembro de 2018.
- Poblaciones, M. J. (2007). Calidad de triho harinero en condiciones de secano mediterrâneas: influencia del sistema de laboreo, cultivo precedente y nitrógeno fertilizante. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. Escuela de ingenierías agrarias, Badajoz. 222p

- Sampaio, J.A. (1990) – A cultura do trigo. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa. 181pp.
- Santos, J.Q. (1991) – Fertilização, fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. Publicações Europa-América. 441 pp.
- Shahidian S. (sd.). Gestão da água no Regadio. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas. Escola de Ciência e Tecnologia. Universidade de Évora. 225 – 243 pp.
- Souza, G.P. (2013) – Controlo de qualidade do trigo. Relatório de estágio economia de produtos alimentícios, Santa Catarina. 166pp.
- Scheuer, M,P., Francisco, A.; Miranda, Z,N.; Liberguer, M,V. (2011) – Trigo características e utilização na panificação. Revista brasileira de produtos agro-industriais, Campina Grande, V.13,nº2. 222pp.
- Raposo, R, J (1996).– A rega. Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega. Fundação Calouste Gulbenkian, Av. de Berna, Lisboa. 485pp.
- Tomaz, A., Patanita, M., Oliveira, P., Dôres, J., Boteta, L., Ferro Palma, J., Guerreiro, I., Guerreiro, J. (2018). Rega e fertilização azotada do trigo em ambiente mediterrânico: efeito no rendimento e qualidade do grão e na eficiência do uso da água de rega. *Grandes Culturas*, 11: 14-17.
- Valadas, M (1995) – Contribuição para o estudo do efeito da fertilização azotada na qualidade do trigo mole para panificação. Relatório final do curso de produção agrícola. Escola Superior Agrária de Beja. 166 pp.

5.1. Bibliografia eletrónica

- Agrovetal, S, A. (2016): Acedido em <https://www.agrovetal.es/trigo-blando-antequera/> a 21/12/2018
- ANPOC (2018) – Associação nacional de produtores de proteaginosas, oleaginosas e cereais. Acedido. <http://anpoc.pt/wp-content/uploads/2016/10/Lista-Variedades-Recomendadas-Trigo-Mole-Sementeiras-2016.pdf> a 21/12/2018
- Boteta, L. (2014) – Gestão da rega do trigo. Portal Agronegócios acedido em <http://www.agronegocios.eu/noticias/gestao-da-rega-do-trigo/> a 11/12/2018.
- Coutinho, J.; Maças, B.; Almeida, A.; Gomes, C.; Costa, R.; Pinheiro, N.; Coco, J.; Costa, A. (2014) – Melhoramento genético de cereais de Outono/Inverno em Portugal. Acedido em <http://www.agronegocios.eu/noticias/melhoramento-genetico-de-cereais-de-outono-inverno-em-portugal/> a 29/11/2018.
- FAO (2018) – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO stat. Acedido em <http://www.fao.org/corp/statistics/en> a 01/12/2018.
- OEC (2018) – Wheat, product trade, exporters and importers, Acedido em <https://atlas.media.mit.edu/en/profile/hs92/1001/> a 19/11/2018.

Capítulo 6 - Anexos

Quadro 1 - Valores de referências dos diversos parâmetros de qualidade para a classificação das variedades de trigo mole como “Melhorador” e como “Semi-corretor”, no âmbito da Lista de Variedades Recomendadas (LVR), adaptado de ANPOC (2018).

Parâmetros considerados	CLASSES TECNOLÓGICAS	
	MELHORADOR	SEMI CORRECTOR
Proteína m.s. (%)	Min 14	Min 12,5
Índice de Queda/Hagberg (seg.)	Min 260	Min 260
Peso específico (kg/hl)	Min 79	Min 78
Glúten húmido* (%)	Min 32	Min 28
Glúten seco* (%)	Min 12	Min 11
P/L	Entre 0,5 e 1	Máx 1,2
W (E ⁻⁴ J)	Min 300	Min 220
Humidade (%)	Máx 13	Máx 13

Quadro 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção e as componentes da produção e respectiva significância.

Correlations (Pearson)

	Producao	PesoGrao	Graosm2	Espigas
PesoGrao	-0.1046			
P-VALUE	0.3104			
Graosm2	0.8240	-0.6481		
	0.0000	0.0000		
Espigas	0.3292	-0.4352	0.5055	
	0.0011	0.0000	0.0000	
GraosEsp	0.2070	0.0152	0.1423	-0.7689
	0.0431	0.8834	0.1668	0.0000
Cases Included	96	Missing Cases	0	

Quadro 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as características de qualidade tecnológica e respectiva significância.

Correlations (Pearson)

	PEsp	Prot	IQ	Ghum	Gseco	PL
Prot	-0.0192					
P-VALUE	0.8526					
IQ	0.0483	0.0499				
	0.6406	0.6295				
Ghum	-0.0198	0.8957	0.0917			
	0.8483	0.0000	0.3743			
Gseco	-0.0533	0.9191	0.1017	0.9512		
	0.6057	0.0000	0.3243	0.0000		
PL	-0.0476	-0.5865	-0.1729	-0.6589	-0.6189	
	0.6453	0.0000	0.0920	0.0000	0.0000	
W	0.1417	0.8121	0.0899	0.7926	0.8360	-0.5468
	0.1686	0.0000	0.3836	0.0000	0.0000	0.0000
Cases Included	96	Missing Cases	0			

**Quadro 4 - Fases do desenvolvimento do trigo. Escala de Zadoks (abreviada).
Adaptado de Patanita (2017).**

Escala de Zadoks (GS)	Descrição	Escala de Zadoks	Descrição
00	Germinação Semente seca	41	Emborrachamento Extensão da bainha da folha bandeira
05	Emergência da radícula	47	Abertura da bainha da folha bandeira
07	Emergência do coleoptilo	49	Primeiras aristas visíveis
09	Ponta da folha visível		
	Crescimento da plantula	50	Espigamento Primeira espigueta visível
11	Primeira folha desenvolvida	53	¼ de espiga visível
13	Três folhas desenvolvidas	59	Espigamento completo
14	Quatro folhas desenvolvidas		
19	Nove ou mais folhas desenvolvidas	60	Ântese Início da ântese (deiscência do pólen)
	Afilamento	69	Ântese completa
20	Colmo principal		
21	Colmo principal com um filho		Desenvolvimento e enchimento do grão
24	Colmo principal com 4 filhos	70-77	Grão leitoso
		80-87	Grão pastoso
		90-94	Maturação
	Alongamento dos caules		
31	1º nó detectável	95	Semente
33	3º nó detectável		
37	Folha bandeira visível		
39	Ligula da folha bandeira visível		